

Grado Universitario en Ingeniería Mecánica
Curso 2018-2019

Trabajo Fin de Grado

“Cambio Tecnológico en Sistemas de Climatización en Hotel Rural”

Javier Yeray Berlinches Ayala

Tutor:

Sergio Sánchez Delgado

Leganés, marzo de 2019



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**

Agradecimientos

Me gustaría poder agradecerle, en primer lugar, todo el tiempo, esfuerzos, alegrías y decepciones dedicados por parte de mi madre, acompañándome en este duro camino hasta convertirme en lo que siempre quise ser, ingeniero. Mamá, ya está casi, no queda nada.

También, sin lugar a duda, agradecer todo el tiempo que han estado ayudándome, esforzándose conmigo, aguantando mi humor con los nervios de los exámenes, a mi padre y a mis hermanos.

David, gracias por estar ahí cuando más te he necesitado, cuando sin decirlo, sabías qué hacer y haber sufrido junto a mí gran parte de esta carrera y haberme enseñado que puede haber equivocaciones, pero lo importante es enmendarlas y seguir hacia delante.

Gracias a mi compañero de fatigas, a un amigo de los de verdad, de los que duran y solo se pueden contar con los dedos de la mano. Gracias Agus por haberte cruzado en mi camino y haberte quedado en él.

Don Pablo Cea, un grande entre los grandes. Infinitas gracias por hacer realidad mi sueño desde pequeño, ser ingeniero. Gracias por demostrarme que las cosas bien hechas, bien parecen, y que, por encima de todo, una empresa es un conjunto de seres humanos con un fin, no un conjunto de elementos con el fin del dinero por el dinero.

Y, por último, aunque no por ello menos importante, gracias a Sergio, mi tutor, por recibirme con los brazos abiertos en su despacho y prestarse a acompañarme en este último esfuerzo de la carrera.

Índice

1. Introducción.....	9
1.1 Conferencias y Acuerdos Internacionales en materia de Medio Ambiente.....	9
1.2 Estrategia Europa2020 y Horizon2020.	11
1.3 Emisiones de CO ₂	12
1.4 Las Energías Renovables en la Unión Europea y en España.	13
2. Motivación y Objetivos.	19
3. Aerotermia y Energía Solar	21
3.1 Captadores Solares.	23
3.1.1 Eficiencia del Captador Solar.....	25
3.2 Suelo radiante.....	25
3.3 Agua Caliente Sanitaria.....	27
4. Caso de Estudio	29
4.1 Cerramientos del edificio.	31
4.2 Condiciones de diseño.....	33
4.3 Cálculo de Cargas Térmicas por Transmisión en Cerramientos.	35
4.4 Cálculo de Cargas Térmicas por Radiación.	39
4.5 Cálculo de Cargas Térmicas por Renovación e Iluminación y Equipos.	40
4.6 Cálculo de Cargas Térmicas por Ocupación.	41
4.7 Resultados obtenidos.....	43
4.8 Agua Caliente Sanitaria.....	63
5. Discusión de resultados.....	75
Bibliografía	75

Índice de Tablas

Tabla 1. Condiciones de diseño interiores. Fuente: RITE	33
Tabla 2. Resistencias Térmicas Superficiales de Cerramientos en Contacto con el Aire Exterior. Fuente: Código Técnico de la Edificación	36
Tabla 3. Resistencias Térmicas de Cámaras de Aire. Fuente: Código Técnico de la Edificación.....	37
Tabla 4. Transmitancia térmica del suelo. Fuente: Código Técnico de la Edificación ..	38
Tabla 5. Radiación Solar Según Orientación y Hora. Fuente: TFG Pablo Pérez Sánchez	39
Tabla 6. Factor F según Elemento en Ventana. Fuente: TFG Pablo Pérez Sánchez	39
Tabla 7. Calor Sensible y Calor Latente según Temperatura y Actividad en [kcal/h]. Fuente: Climayoreo	42
Tabla 8. Cálculo de U Muros. Fuente: Propia Y CTE.....	43
Tabla 9. Cálculo de U Suelo. Fuente: Propia Y CTE.....	43
Tabla 10. Cálculo de U Cubierta. Fuente: Propia y CTE	44
Tabla 11. Zonas Climatológicas de España. Fuente: CTE	44
Tabla 12. Transmitancia Límite en Cerramientos en Zona D1. Fuente: CTE.....	45
Tabla 13. Carga Térmica en W por Transmisión de la Envolvente de la Planta Baja para Refrigeración. Fuente: Propia.....	45
Tabla 14. Carga Térmica en W por Transmisión de la Envolvente de la Primera Planta para refrigeración. Fuente: Propia	46
Tabla 15. Carga Térmica en W por Transmisión de la Envolvente de la Segunda Planta. Fuente: Propia.....	47
Tabla 16. Carga Térmica en W por Transmisión a través de Vidrios en Planta Baja en Refrigeración. Fuente: Propia.....	48
Tabla 17. Carga Térmica en W por Transmisión a través de Vidrios en Refrigeración en Primera Planta. Fuente: Propia	49
Tabla 18. Carga Térmica en W por Transmisión a través de Vidrios en Segunda Planta en Refrigeración. Fuente: Propia	50
Tabla 19. Cálculo de la Temperatura Exterior de Cálculo para Carga Térmica de Refrigeración. Fuente: Propia.....	51
Tabla 20. Carga Térmica en W por Radiación de la Envolvente de la Planta Baja para Refrigeración. Fuente: Propia.....	51
Tabla 21. Carga Térmica en W por Radiación de la Envolvente de la Primera Planta para Refrigeración. Fuente: Propia.....	52
Tabla 22. Carga Térmica en W por Radiación de la Envolvente de la Segunda Planta para Refrigeración. Fuente: Propia.....	53
Tabla 23. Carga Térmica en W por Radiación a través de los Vidrios de la planta Baja en Refrigeración. Fuente: Propia	54
Tabla 24. Carga Térmica en W por Radiación a través de los Vidrios de la Primera Planta en Refrigeración. Fuente: Propia	54
Tabla 25. Carga Térmica en W por Radiación a través de los Vidrios de la Segunda Planta en Refrigeración. Fuente: Propia	55

Tabla 26. Carga Térmica Sensible por W por Renovación en Refrigeración. Fuente: Propia.....	55
Tabla 27. Carga Térmica Latente por W por Renovación en Refrigeración. Fuente: Propia.....	56
Tabla 28. Carga Térmica en W por Iluminación y Equipos. Fuente: Propia	56
Tabla 29. Carga Térmica Sensible y Latente en W por Ocupación. Fuente: Propia	57
Tabla 30. Resumen Cargas Térmicas en W de Refrigeración. Fuente: Propia	57
Tabla 31. Carga Térmica en W por Transmisión de Calefacción en Planta Baja. Fuente: Propia.....	58
Tabla 32. Carga Térmica en W por Transmisión de Calefacción en Primera Planta. Fuente: Propia.....	58
Tabla 33. Carga Térmica en W por Transmisión de Calefacción en Segunda Planta. Fuente: Propia.....	59
Tabla 34. Carga Térmica en W por Transmisión a través de Vidrios en Calefacción en Planta Baja. Fuente: Propia	60
Tabla 35. Carga Térmica en W por Transmisión a través de Vidrios en Calefacción en Primera Planta. Fuente: Propia	61
Tabla 36. Carga Térmica en W por Transmisión a través de Vidrios en Calefacción en Segunda Planta. Fuente: Propia	62
Tabla 37. Carga Térmica Sensible en W de Calefacción. Fuente: Propia.....	62
Tabla 38. Resumen de Cargas Térmicas en W para Calefacción. Fuente: Propia	63
Tabla 39. Caudal Instantáneo mínimo por Aparato. Fuente: Código Técnico de la Edificación.....	63
Tabla 40. Demanda de ACS a 60°C. Fuente: Código Técnico de la Edificación.....	64
Tabla 41. Temperatura del Agua de la Red en °C por Capital de Provincia. Fuente: IDAE.....	66
Tabla 42. Demanda de Energía en kWh para la producción de ACS. Fuente: Propia ...	66
Tabla 43. Factor de Corrección Solar para Latitud 40°. Fuente: Clean Energy Solar....	70
Tabla 44. Irradiación Corregida. Fuente: Propia	70
Tabla 45. Cálculo de la Declinación. Fuente: Propia	72
Tabla 46. Horas de Sol sobre el Plano Inclinado. Fuente: Propia.	73
Tabla 47. Paneles Solares Necesarios para 70% de ACS. Fuente: Propia.	73
Tabla 48. Intervenciones y Frecuencias de Mantenimiento Preventivo en Unidades de Climatización de Suelos Radiantes. Fuente: IDAE	79
Tabla 49. Intervenciones y Frecuencias de Mantenimiento Preventivo en Sistemas de Captación Solar Térmica. Fuente: IDAE.....	80

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Países Anexados al Protocolo de Kioto. Fuente: Wikipedia.	10
Ilustración 2. Asistentes a la Cumbre de París de 2015. Fuente: Misiones Online.	11
Ilustración 3. Emisiones en Mton de CO ₂ en 2015. Fuente: Netherlands Environmental Assessment Agency.	12
Ilustración 4. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Fuente: Agencia Europea del Medioambiente.	13
Ilustración 5. Porcentaje de la Energía procedente de Energías Renovables. Fuente: Eurostat.	14
Ilustración 6. Electricidad Generada Mediante Fuentes de Energías Renovables. Fuente: Eurostat.	14
Ilustración 7. Porcentaje del Uso de Energías Renovables para Calefacción y Refrigeración entre 2004 y 2016. Fuente: Eurostat.	15
Ilustración 8. Porcentaje de uso de Energías Renovables en el Transporte. Fuente: Eurostat.	16
Ilustración 9. Potencia Instalada a Enero de 2018 en el Sistema Eléctrico Nacional. Fuente: Red Eléctrica Española.	17
Ilustración 10. Generación de Energía en 2017 en el Sistema Eléctrico Nacional. Fuente: Red Eléctrica Española.	17
Ilustración 11. Potencia Renovable Instalada a Enero de 2018 por Comunidad Autónoma. Fuente: Red Eléctrica Española.	18
Ilustración 12. Principio de Instalación de Aerotermia. Fuente: Daikin.	22
Ilustración 13. Sistema Híbrido Solar Y Viento. Fuente: Tecnosolar.	23
Ilustración 14. Captador de Tubos de Vacío. Fuente: Paradigma Ibérica.	24
Ilustración 15. Captador Solar Plano con Cubierta. Fuente: EmproSol.	25
Ilustración 16. instalación de suelo radiante. fuente: caloryfrio.	26
Ilustración 17. Plano Esquemático Planta Baja. Fuente: Propia.	29
Ilustración 18. Plano Esquemático Primera Planta. Fuente: Propia.	30
Ilustración 19. Plano Esquemático Segunda Planta. Fuente: Propia.	30
Ilustración 20. Composición Suelo. Fuente: Propia. Elaboración: CE ³ X.	32
Ilustración 21. Composición Muros. Fuente: Propia. Elaboración: CE ³ X.	32
Ilustración 22. Composición Cubierta. Fuente: Propia. Elaboración CE ³ X.	33
Ilustración 23. Variación de la Demanda Energética por Mes en ACS. Fuente: Propia.	67
Ilustración 24. Irradiancias Global, Directa y Difusa en Madrid entre 1983 y 2005. Fuente: AEMET.	67
Ilustración 25. Ángulos del colector solar. fuente: Universidad de La Rioja.	68
Ilustración 26. Gráfico Límites para la Inclinación. Fuente: IDEA.	69
Ilustración 27. Irradiación Corregida según mes y ángulo en kW. Fuente: Propia.	71
Ilustración 28. Calificación Energética del Edificio con Instalación anterior. Fuente: CE ³ X y Propia.	75
Ilustración 29. Calificación Energética del Edificio con Instalación Nueva. Fuente: CE ³ X y Propia.	76
Ilustración 30. Conjuntos y PVP detallados de Sistemas Daikin Altherma HT. Fuente: Daikin.	77
Ilustración 31. PVP de Panel de Tetones y Tuberías para Suelo Radiante. Fuente: Uponor.	78

1. Introducción.

1.1 Conferencias y Acuerdos Internacionales en materia de Medio Ambiente.

En los últimos 40 años, los dirigentes mundiales han sido más conscientes con el cuidado del planeta, debido a las continuas alarmas por parte de los especialistas, a causa de la subida progresiva de temperatura en lo que conocemos como cambio climático.

Las Naciones Unidas se reunieron por primera vez en 1972, en la Conferencia de Estocolmo. Esta Conferencia supuso un antes y un después en el desarrollo de la política medioambiental en todos los países.

En esta Conferencia, impulsada por Olof Palme, se establecieron 7 puntos y una resolución con 26 principios. Entre los 7 puntos, se destaca que los problemas que se generan por el crecimiento de la población mundial han de ser subsanados por las políticas y medidas adecuadas en materia de medio ambiente, siendo la responsabilidad de esta subsanación repartida entre gobiernos locales y nacionales mayoritariamente. Muchos expertos consideran que esta conferencia y las conferencias científicas que la preceden tuvieron un alto impacto en la política medioambiental mundial, sobre todo de la, por entonces, Comunidad Europea, actual Unión Europea, puesto que, a partir de ellas, la Comunidad Europea creó la primera Directriz sobre Protección del Medio Ambiente.

Posteriormente, en 1979, tuvo lugar la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima. Esta Conferencia, celebrada en Ginebra, fue en la primera en la que el cambio climático fue considerado una amenaza real para el planeta.

Casi 20 años después, en 1992, las Naciones Unidas volvieron a reunirse en Rio de Janeiro, en la que se conoce popularmente como la Cumbre de la Tierra (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo). Bajo el marco de esta conferencia, los líderes políticos de los países miembros adoptaron el ambicioso programa Agenda 21. Este programa, centrado en la

acción para un desarrollo global sostenible, incluía áreas como la protección de la biodiversidad, lucha contra el cambio climático y la eliminación de sustancias tóxicas. Este programa entró en vigor finalmente en 1994.

Pasado un lustro de la Cumbre de la Tierra, en 1997, los principales países desarrollados y altamente industrializados, adquirieron una serie de compromisos y actuaciones concretas, tras la firma del Protocolo de Kioto. Este Protocolo supuso un gran avance, puesto que los países firmantes se comprometían a reducir para 2012 algo más de un 5% las emisiones de los principales gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, HFC, PFC, SF₆ y NO₂) con respecto a 1990.

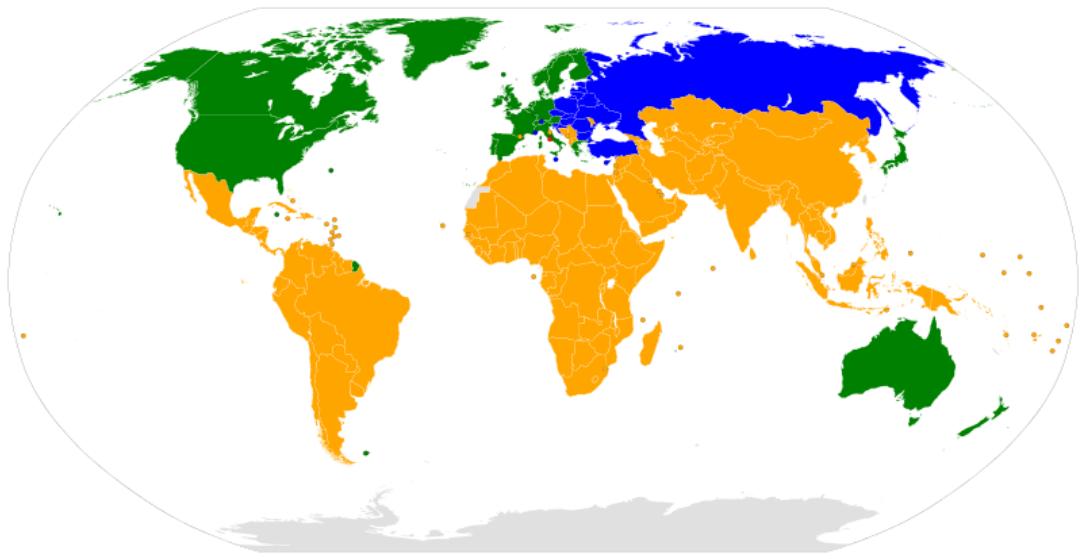


ILUSTRACIÓN 1. PAÍSES ANEXADOS AL PROTOCOLO DE KIOTO. FUENTE: WIKIPEDIA.

Casi dos décadas después, en 2015, se celebró en París, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2015. El Acuerdo al que se llegó fue pionero y será aplicado a partir del 2020. En él, los países se comprometen en limitar el calentamiento global por debajo de los 2°C en 2100 (el acuerdo final limita el aumento a 1.5°C), puesto que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático advirtió de que ese era el límite para evitar catástrofes de carácter climatológico.



ILUSTRACIÓN 2. ASISTENTES A LA CUMBRE DE PARÍS DE 2015. FUENTE: MISIONES ONLINE.

1.2 Estrategia Europa2020 y Horizon2020.

Europa2020 es una estrategia de la Unión Europea para superar la crisis económica que azotó a gran parte de los países de la zona Euro y para subsanar los defectos que existían en los modelos económicos, de crecimiento y de condiciones, para que los países europeos tuvieran un crecimiento sostenible, integrador y más inteligente.

En esta estrategia, la Unión Europea se ha marcado cinco objetivos claros en diferentes ámbitos, desde la educación hasta el cambio climático y la energía, pasando por el empleo o la integración social.

Según la estrategia, el 75% de la población de entre 20 y 64 años deberá tener empleo. En cuando a la investigación y desarrollo, el 3% del PIB de la Unión Europea deberá ser invertido en I+D. En lo que concierne al cambio climático y la energía, se reducirá un 20% (o incluso un 30% si las condiciones son propicias) las emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a los niveles de 1990, aumentará un 20% el uso de las energías renovables y aumentará un 20% la eficiencia energética. En Educación, la Unión Europea se marca como objetivo que el porcentaje de abandono escolar será inferior al 10% mientras que el 40% de los europeos entre 30 y 40 años tendrán estudios superiores completos.

Paralelamente, en el año 2014, la Unión Europea decidió concentrar parte de sus actividades de investigación e innovación en el Programa Marco Horizonte2020 (en inglés, Horizon2020), para poder promover el liderazgo industrial y la innovación científica en Europa.

Con este programa, con un presupuesto de cerca de 77.000 millones de euros, se pretende desarrollar tecnologías y sus aplicaciones para poder mejorar la competitividad en Europa, primando la financiación de proyectos de PYMEs con al menos un 20% del presupuesto.

1.3 Emisiones de CO₂.

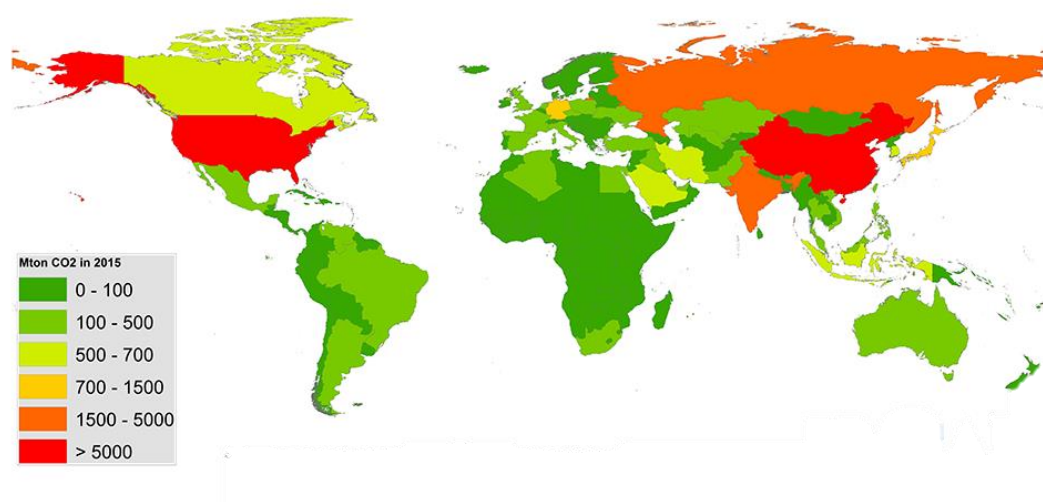


ILUSTRACIÓN 3. EMISIONES EN MTON DE CO₂ EN 2015. FUENTE: NETHERLANDS ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AGENCY.

En el año 2015, las emisiones de CO₂ superaron los 36 millones de kilotoneladas en todo el mundo, según datos de Netherlands Environmental Assessment Agency. Tal y como refleja la Ilustración 3, la suma de las emisiones de China, Estados Unidos e India suponen casi la mitad de las emisiones mundiales, emitiendo, respectivamente, 10.6 millones de kilotoneladas, 5.2 millones de kilotoneladas y 2.5 millones de kilotoneladas. Por el contrario, nuestro país se sitúa en la 24ª posición, emitiendo cerca de 260.000 kilotoneladas de CO₂.

Estos datos demuestran que el Protocolo de Kioto fue un acuerdo con objetivos insuficientes, puesto que de los 36 países que adoptaron el compromiso, solo 9 países lo han incumplido, entre ellos, España. La revista Politics and Policy

calificó el acuerdo que se alcanzó en la ciudad japonesa como “un acuerdo erróneo en el momento correcto”.

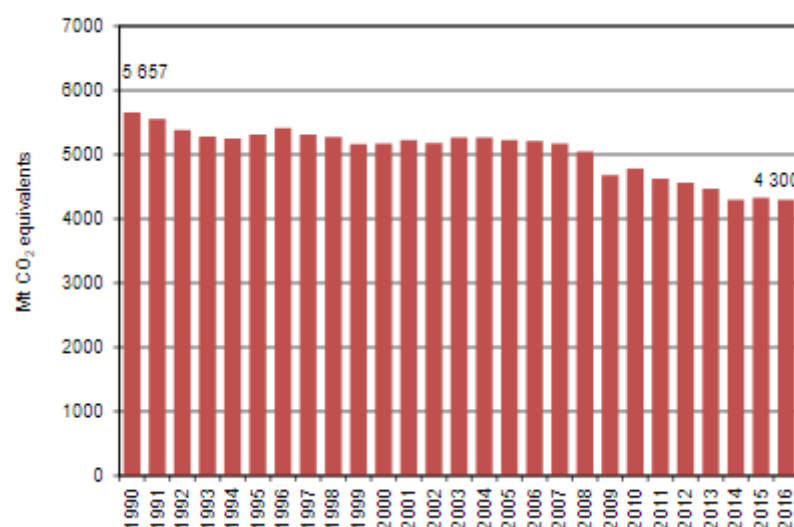


ILUSTRACIÓN 4. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. FUENTE: AGENCIA EUROPEA DEL MEDIOAMBIENTE.

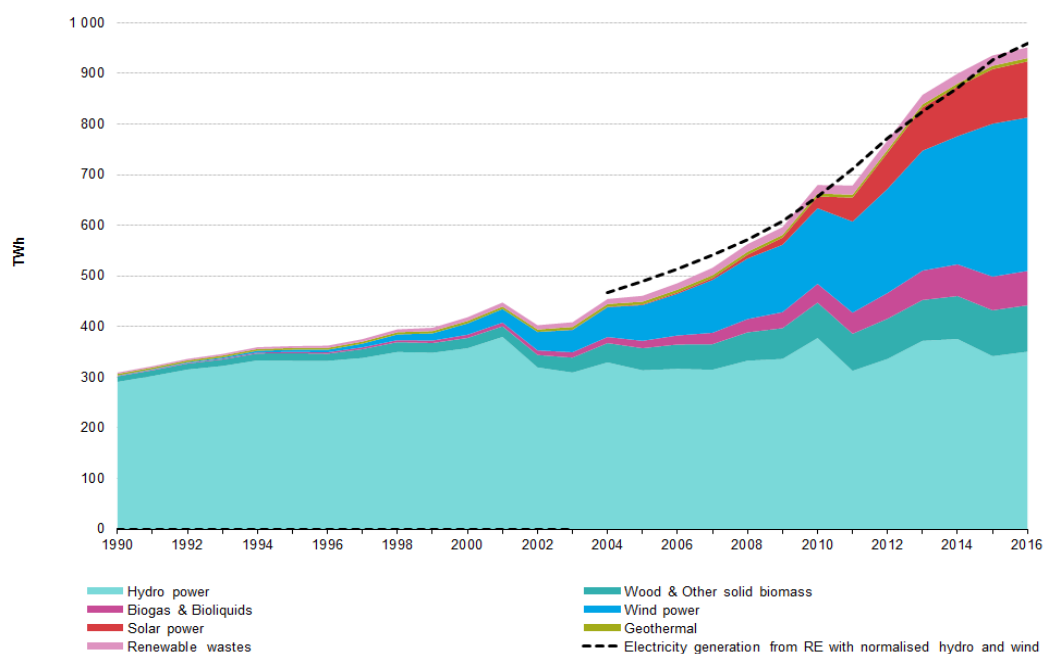
El compromiso que adquirió la Unión Europea con la Estrategia 2020 de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20% con respecto a los niveles de 1990, es un compromiso que a fecha de 2016 se ha cumplido, puesto que las emisiones este año supusieron ser un 24% menores que las de 1990. Sin embargo, las expectativas mostradas por los gobiernos son poco halagüeñas, puesto que, en 2017, las emisiones en Europa crecieron un 5% con respecto a 2016 y se cree que para los años 2018 y 2019 sigan en aumento, debido al crecimiento de las ventas de los vehículos a gasolina y a la relativamente baja penetración de los vehículos de impulsión alternativa.

1.4 Las Energías Renovables en la Unión Europea y en España.

Durante los últimos años, el uso de energías renovables en la Unión Europea ha aumentado de manera considerable. Para ser más concretos, según Eurostat, el porcentaje de energía procedente de fuentes renovables se ha duplicado pasando de un 8.5% en 2004 a un 17% en 2016, valores que se acercan al 20% marcado para el 2020.



Para poder realizar un estudio más concreto del uso de las energías renovables, vamos a dividirlo en 3 apartados: electricidad, calor y refrigeración y transporte.



La energía hidroeléctrica es la fuente de generación de energía renovable más importante en la Unión Europea, seguido de la energía eólica, que ha experimentado un fuerte repunte en los últimos 15 años. Por el contrario, la energía mareomotriz, undimotriz y oceánica representa, tan solo, el 0.05% del total de la energía que procede de fuentes renovables.

Durante el periodo de 2006-2016, se puede apreciar la gran expansión del uso de las energías renovables en Europa, haciendo especial hincapié en tres de ellas: la eólica, la energía solar y los biocombustibles sólidos. Como ejemplo, la electricidad que se generó mediante energía solar creció un 4440% en este periodo.

Por otro lado, el uso de energías renovables para el calor y refrigeración en la Unión Europea pasó de un 10.3% en 2004 a un 19.1% en 2016. La energía aerotérmica, geotérmica e hidrotérmica, mediante bombas de calor, han impulsado este aumento en los sectores industriales y servicios, pero principalmente en el uso residencial.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
EU-28	10.3	10.9	11.5	12.9	13.3	14.9	15.0	15.6	16.4	17.0	18.1	18.7	19.1
Belgium	2.9	3.4	3.7	4.5	5.0	6.0	6.1	6.6	7.3	7.4	7.7	7.8	8.1
Bulgaria	14.1	14.3	14.8	13.9	17.3	21.7	24.4	24.9	27.5	29.2	28.3	28.6	30.0
Czech Republic	9.9	10.9	11.2	12.4	12.9	14.2	14.0	15.3	16.1	17.6	19.3	19.6	19.9
Denmark	20.6	22.8	23.8	26.9	26.1	29.5	31.0	32.3	33.6	35.1	38.5	40.1	41.7
Germany	6.3	6.8	7.0	8.4	7.4	9.2	9.8	10.5	10.4	10.6	12.2	12.9	13.0
Estonia	33.2	32.2	30.7	32.7	35.5	41.8	43.3	44.1	43.1	43.2	45.2	49.6	51.2
Ireland	2.9	3.5	3.8	3.9	3.7	4.3	4.5	4.9	5.1	5.5	6.6	6.6	6.8
Greece	12.8	12.8	12.5	14.4	14.3	16.5	17.9	19.4	23.4	26.5	26.9	25.6	24.2
Spain	9.5	9.4	11.4	11.3	11.7	13.3	12.6	13.6	14.1	14.1	15.7	16.8	16.8
France	12.5	12.3	11.7	12.9	13.4	15.1	16.2	15.9	17.1	18.3	18.9	19.7	21.1
Croatia	29.4	30.0	29.1	29.1	28.6	31.1	32.8	33.7	36.4	37.1	38.0	38.5	37.5
Italy	5.7	8.2	10.1	13.3	15.3	16.4	15.6	13.8	17.0	18.1	18.9	19.3	18.9
Cyprus	9.3	10.0	10.4	13.1	14.5	16.3	18.2	19.2	20.7	21.6	21.6	22.5	23.0
Latvia	42.5	42.7	42.6	42.4	42.9	47.9	40.7	44.7	47.3	49.7	52.2	51.8	51.9
Lithuania	30.4	29.3	29.2	29.1	32.0	33.7	32.5	32.8	34.5	36.9	40.6	46.1	46.5
Luxembourg	1.8	3.6	3.6	4.4	4.6	4.7	4.7	4.8	5.0	5.5	7.2	7.1	7.3
Hungary	6.5	9.9	11.4	13.5	12.0	17.0	18.1	20.0	23.3	23.7	21.2	21.2	20.8
Malta	1.1	1.0	1.4	1.5	1.7	2.0	7.8	12.2	13.2	15.7	14.5	14.1	15.3
Netherlands	2.2	2.4	2.8	3.0	3.1	3.4	3.1	3.7	3.9	4.1	5.1	5.5	5.5
Austria	20.1	22.0	23.1	25.2	25.3	27.7	29.0	30.0	31.1	33.0	32.4	32.4	33.3
Poland	10.2	10.2	10.2	10.5	10.9	11.5	11.7	13.1	13.4	14.1	14.0	14.5	14.7
Portugal	32.5	32.1	34.2	35.0	37.5	38.0	33.9	35.2	33.2	34.6	34.0	33.4	35.1
Romania	17.6	18.0	17.6	19.4	23.2	26.4	27.2	24.3	25.8	26.2	26.7	25.9	26.9
Slovenia	18.4	18.9	18.6	20.4	19.2	27.6	28.1	30.3	31.5	33.4	32.4	33.9	34.0
Slovakia	5.1	5.0	4.5	6.2	6.1	8.2	7.9	9.3	8.8	7.9	8.9	10.8	9.9
Finland	39.5	39.1	41.4	41.4	43.3	43.1	44.2	45.9	48.4	50.8	52.0	52.5	53.7
Sweden	46.7	51.9	56.4	58.7	61.1	63.6	60.9	62.2	65.8	67.1	68.0	68.6	68.6
United Kingdom	0.7	0.8	0.9	1.0	1.9	2.3	2.7	3.0	3.2	4.0	4.7	6.3	7.0
Norway	25.5	28.8	28.4	29.3	30.8	31.8	33.3	34.5	33.5	32.7	31.1	32.2	31.7
Iceland	52.2	53.4	56.9	58.6	62.0	62.1	63.9	65.2	64.6	59.0	58.1	63.4	71.1
Albania	33.1	37.8	31.0	33.1	37.1	34.7	31.3	31.4	39.1	37.8	31.0	34.6	33.8
Montenegro	:	52.9	51.4	49.1	46.0	62.1	76.5	81.3	79.8	68.5	67.6	68.5	69.2
Former Yugoslav Republic of Macedonia	23.4	24.7	24.9	22.5	24.6	29.2	26.5	27.3	29.6	31.8	35.0	34.4	31.7
Serbia	14.0	15.6	15.8	13.2	16.7	26.5	23.2	21.1	23.2	25.2	28.8	26.5	24.2

ILUSTRACIÓN 7. PORCENTAJE DEL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN ENTRE 2004 Y 2016. FUENTE: EUROSTAT

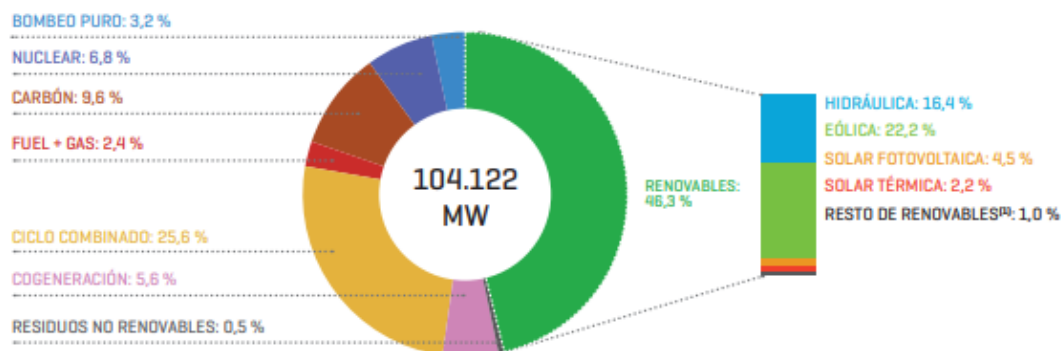


ILUSTRACIÓN 9. POTENCIA INSTALADA A ENERO DE 2018 EN EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL.
FUENTE: RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA.

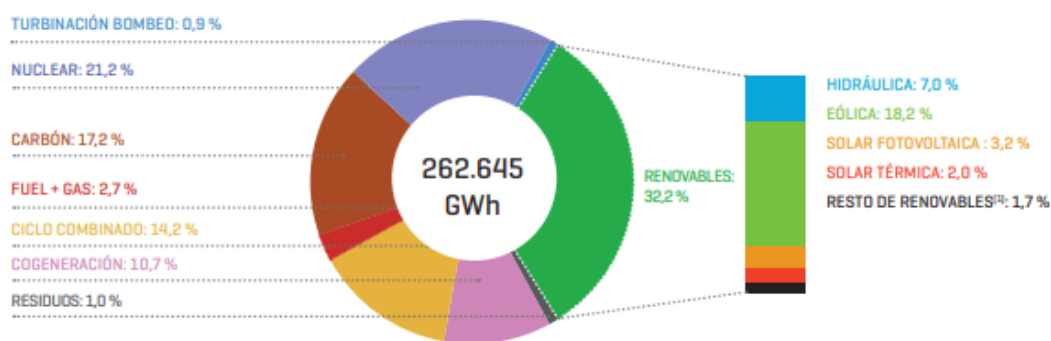


ILUSTRACIÓN 10. GENERACIÓN DE ENERGÍA EN 2017 EN EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL.
FUENTE: RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA.

En España, las energías renovables representaban el 46.3% de la potencia instalada a finales de 2017. Sin embargo, pese a un continuo crecimiento, este dato ha permanecido prácticamente estanco durante los últimos cinco años (solo ha variado un 0.6%). Sin embargo, hay que realizar otra lectura, puesto que no toda la potencia instalada genera energía. En el mismo estudio por parte de Red Eléctrica Española, la generación de energía por fuentes renovables supuso un 32.2% frente al 38.4% en el año anterior, disminuyendo en un 16.1%.

Esto ha tenido una consecuencia directa, y es que esta generación ha tenido que verse compensada por la energía térmica mediante carbón y ciclos combinados, conllevando ello a un aumento de cerca del 18% de las emisiones de CO₂ en nuestro país en un único año.

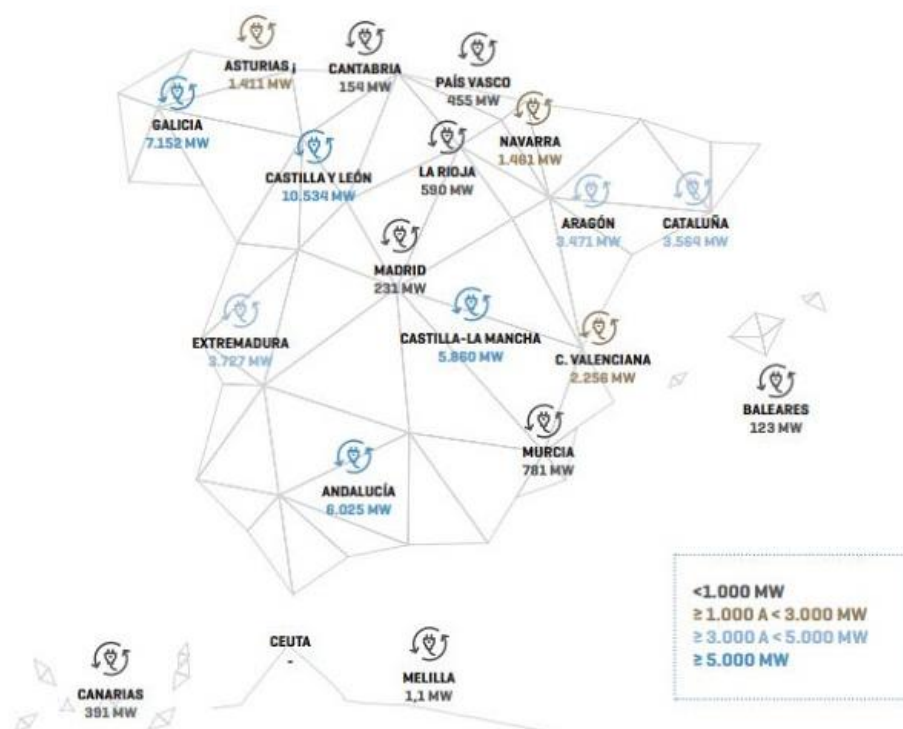


ILUSTRACIÓN 11. POTENCIA RENOVABLE INSTALADA A ENERO DE 2018 POR COMUNIDAD AUTÓNOMA. FUENTE: RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA.

Pese a que España sea catalogada como un paraíso para las energías renovables, lo cierto es que existe una brecha muy amplia cuando se entra a comparar la potencia instalada que hay en cada una de las Comunidades y Ciudades Autónomas que componen el territorio nacional.

Por un lado, Castilla y León, Galicia y Andalucía lideran el ranking de las Comunidades Autónomas, mientras que las Islas Baleares, Cantabria y Madrid son quienes cierran este listado. El caso de estas tres últimas Comunidades Autónomas es, cuanto menos, curioso, puesto que tanto Baleares como Cantabria son Comunidades donde se podría conseguir grandes cantidades de energía gracias al mar y al viento. En cuanto a Madrid, que es la tercera Comunidad Autónoma con menos potencia instalada y también la tercera en cuanto a generación de energía, es probablemente la Comunidad que peor sale parada, puesto que en ella se encuentra el mayor núcleo urbano de España, además de ser un área altamente industrializada, sobre todo el Sur de la Región, con la consecuente demanda energética que ello conlleva.

2. Motivación y Objetivos.

Hoy en día, son múltiples los estudios que reflejan parte de la culpabilidad del uso de los combustibles fósiles en todos los ámbitos de las economías nacionales en el efecto invernadero. Esto está provocando un problema de índole mundial y cada vez existe más premura para poder solucionarlo.

En España, una importante fuente de contaminación son los sistemas de producción de ACS y calefacción, puesto que, en gran medida, siguen siendo mayoritarias en el parque inmobiliario las calderas de gas natural.

Por otro lado, todavía existe un alto porcentaje, comparado con nuestro entorno europeo, de calderas de calefacción central basadas en el gasoil, calderas altamente contaminantes por la gran generación de partículas en suspensión y NOx, y que en países como Austria o Dinamarca, su instalación está prohibida desde principios de 2019.

Sin embargo, disponemos de fuentes de energía totalmente limpias como el aire y el Sol, de donde se puede extraer energía de manera gratuita. Se ha de conseguir desarrollar e implantar sistemas que sean capaces de captarla puesto que se trata de energía limpia, ilimitada y rentable, por lo que no solo se ayudaría al medio ambiente, sino que, además, las facturas se verían muy reducidas.

Los objetivos existentes en este Trabajo de Fin de Grado podrían dividirse en varias áreas.

Por un lado, se ha establecido el objetivo de dimensionar una instalación de refrigeración – calefacción, únicamente mediante energías renovables en un hotel rural situado en la localidad de Colmenar Viejo (Comunidad de Madrid). A priori, en la vida real, parece un objetivo poco realista, puesto que se pensaría más en las energías renovables como apoyo de energía.

Otro objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es poder calcular las cargas térmicas de un edificio existente y a su vez, definir un protocolo de cálculo para posteriores proyectos, tanto académicos como profesionales, que requieran de ello.

El último objetivo será poder establecer una comparación clara y directa entre los sistemas Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC, en español,

calefacción, ventilación y aire acondicionado) convencionales y los basados en energías renovables, comparando tanto la viabilidad económica (Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto, PayBack, ...) como la disminución de emisiones de CO₂ con el correspondiente certificado de eficiencia energética.

3. Aerotermia y Energía Solar.

Los sistemas de aerotermia son unos sistemas compuestos por bombas de calor altamente eficientes que están diseñadas para aportar calefacción en invierno, refrigeración en verano e, incluso, agua caliente sanitaria. Una bomba de calor lo que hace es extraer energía de un cuerpo o fluido para cederlo a otro. Para ello, es preciso una unidad exterior y, al menos una interior.

En la climatización convencional, es decir, mediante aire acondicionado, se utilizan generalmente sistemas de aire-aire o de expansión directa del refrigerante para conseguir el objetivo. Por el contrario, con la aerotermia, el sistema utilizado es el de las bombas de calor del tipo agua-aire, permitiendo el uso del suelo radiante o refrescante o fan-coils.

Para explicar brevemente el funcionamiento de esta tecnología, debemos remitirnos al funcionamiento de las bombas de calor. Cualquier elemento que esté por encima de 0K posee energía, por tanto, el aire contendrá energía que será absorbida por el refrigerante. La unidad exterior ejercerá de evaporador, pues es quien expulsa el frío y la unidad interior ejercerá de condensador, puesto que cede el calor al agua.

Es importante reseñar que la aerotermia es el único sistema actualmente capaz de cumplir las directrices que se han marcado por parte de la Unión Europea en materia de eficiencia energética y reducción de las emisiones de dióxido de carbono, gracias a la posible eliminación por completo de estos gases de efecto invernadero, habiendo sido catalogada por parte de la UE como energía renovable.



ILUSTRACIÓN 12. PRINCIPIO DE INSTALACIÓN DE AEROTERMIA. FUENTE: DAIKIN

Además, la instalación de un sistema de aerotermia es bastante más sencilla que otras instalaciones de energías que no son renovables, además de contar con un mejor funcionamiento, por lo que el precio de la instalación no repercutirá de gran manera en el coste final, que, por lo general, de manera inicial suele ser más alto que otros sistemas, aunque luego, por su menor consumo energético, consigue amortizar lo invertido.

La principal fuente de energía en nuestro planeta es el Sol. El Sol está situado a una distancia media aproximada de 150 millones de kilómetros. En el núcleo de esta estrella se producen continuamente reacciones atómicas de fusión nuclear que convierten el hidrógeno en helio, liberando en este proceso gran cantidad de energía, que se transmite en forma de rayos solares a través del espacio.

En función de la captura, conversión y distribución de la energía solar, podemos clasificar los diferentes tipos de energía solar en energía solar fotovoltaica, energía solar térmica y energía solar híbrida.

La energía solar fotovoltaica es un tipo de tecnología que sirve para producir electricidad a través de la radiación solar gracias a una célula fotovoltaica. Este tipo de tecnología es la más comercial de las tres, puesto que su rango de aplicación es muy amplio.

La energía solar térmica es otro tipo de tecnología que sirve, aprovechando la radiación solar, para conseguir calor mediante colectores solares y transferirlo a un fluido que, a su vez, transferirá calor a un fluido, ya sea agua (ACS) o aire (calefacción o generación de electricidad mediante turbinas).

Dentro de la energía solar térmica, se puede encontrar también la energía solar térmica de alta temperatura, en la que los colectores solares trabajan a temperaturas mayores de 500°C. Este tipo de tecnología se usa principalmente para la generación de energía eléctrica en centrales termosolares.

Por último, la energía solar híbrida es un tipo de tecnología que, combinada con cualquier otro tipo de energía, otorga una mayor eficiencia, puesto que no depende totalmente del sol. Un ejemplo de ello es sistema híbrido de solar y viento, sistema que complementa las fuentes de la energía eólica y solar.

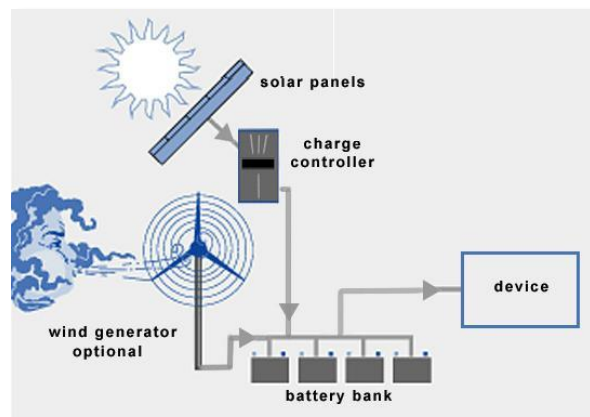


ILUSTRACIÓN 13. SISTEMA HÍBRIDO SOLAR Y VIENTO. FUENTE: TECNOSOLAR.

3.1 Captadores Solares.

Los captadores solares son dispositivos que recogen la energía que emite el Sol y la convierten en energía térmica.

Los captadores solares se pueden clasificar en dos principales grupos: los captadores de alta temperatura, que se utilizan para producir energía eléctrica generalmente, y los captadores de baja (y media) temperatura, que se utilizan principalmente en sistemas de calefacción y Agua Caliente Sanitaria.

Dentro de la división de los captadores de baja temperatura, existen dos principales captadores: los captadores planos, que consisten en una caja metálica por la que circula un fluido que se calienta a su paso por el panel gracias a la radiación del Sol y los captadores de tubos de vacío, en los que la “superficie captadora” está aislada por un doble tubo de vidrio, creando una cámara de vacío, aislándola del exterior.

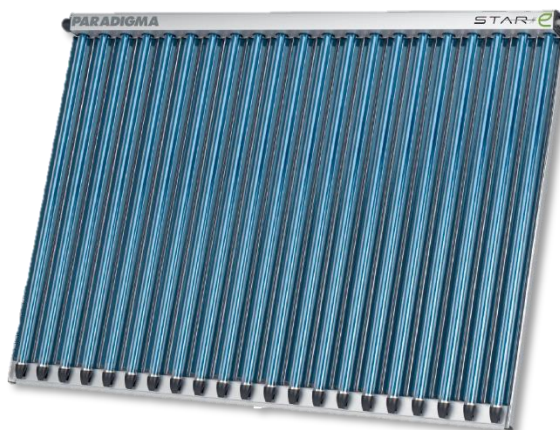


ILUSTRACIÓN 14. CAPTADOR DE TUBOS DE VACÍO. FUENTE: PARADIGMA IBÉRICA.

Los captadores solares planos pueden, a su vez, ser de dos tipos, con cubierta y sin cubierta. El captador plano con cubierta es el más utilizado de todos, debido a que es el que mejor relación calidad-precio ofrece actualmente en el mercado. La cara que se expone a la radiación solar está cubierta por un vidrio templado, mientras que el resto de caras están aisladas térmicamente. En el interior de la caja, se sitúa una placa metálica que se suelda a una serie de conductos por los que discurre el fluido caloportador (por regla general, agua o glicol). Para que la placa aumente su eficiencia, se la pinta de colores oscuros para aumentar la absorción de calor.



ILUSTRACIÓN 15. CAPTADOR SOLAR PLANO CON CUBIERTA. FUENTE: EMPROSOL

3.1.1 Eficiencia del Captador Solar.

La eficiencia del captador solar es la relación que existe entre la radiación total recibida y el aprovechamiento efectivo transmitido al absorbedor.

Para calcularla, tendremos que hacer uso de la siguiente expresión:

$$\eta = \eta_o - k_1 \cdot \frac{(T_m - T_a)}{I} \quad (1)$$

donde:

η es el rendimiento, η_o es el rendimiento óptico o factor de ganancia y es un dato que aparece en los catálogos de captadores solares, k_1 es el factor de corrección por pérdidas térmicas, dato que también aparece tabulado en los catálogos de los captadores solares, T_m es la temperatura interior del colector, T_a es la temperatura exterior o ambiental e I es la radiación incidente.

3.2 Suelo Radiante.

El suelo radiante es un sistema de climatización basado en una red de tuberías, generalmente plásticas, que se instala bajo el suelo y una capa de mortero, y por la que se hace pasar agua caliente (en el caso de suelo radiante), provocando que mediante radiación se transfiera el calor.

A pesar de que lleva ya ciertos años utilizándose en España, todavía no es un sistema ampliamente implantado en las viviendas de nuestro país. Sin embargo,

ofrece un amplio rango de ventajas frente a unos pocos inconvenientes, haciendo del suelo radiante un sistema altamente recomendable.



ILUSTRACIÓN 16. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. FUENTE: CALORYFRIO

Entre las ventajas más destacables, prima entre todas ellas el elevado rendimiento de estos sistemas, ya que el caudal necesario en la red de tuberías es mínimo (las tuberías no superan los 10 milímetros de diámetro), y, por tanto, la energía que se necesita para calentar será, consecuentemente, mínima también. Además, se debe tener en cuenta que las temperaturas a las que se encuentra el agua oscilan entre los 30°C y 45°C, ayudando así aún más a la eficiencia energética del suelo radiante.

Por el contrario, el principal inconveniente existente es que el sistema de suelo radiante es un sistema altamente inercial térmicamente hablando y, es por ello por lo que su uso se recomienda en estancias en las que se necesite de manera continuada, desaconsejándolo en zonas donde no se desarrolle actividad de manera constante. No es un sistema que se adapte bien a variaciones bruscas de temperatura exterior y es por ello por lo que tarda en calentarse/enfriarse toda la instalación, por lo que habrá que contemplar la opción de contar con un depósito de inercia.

3.3 Agua Caliente Sanitaria.

Según diversos estudios energéticos, el agua caliente sanitaria representa aproximadamente el 25% del consumo energético de una vivienda y, por ende, representa un buen apartado en el que proponer ahorro energético.

La temperatura óptima de salida del Agua Caliente Sanitaria se sitúa entre los 37°C y los 43°C. Para producir este calentamiento necesario, puesto que el agua de red no sale a estas temperaturas, existen multitud de propuestas “limpias”, destacando la energía solar térmica.

A pesar de que la primera versión data del 2006, en el 2017 se definió el ámbito de aplicación del DB HE-4. En él se detalla que existe la obligación de contribuir mediante energía solar en los siguientes casos:

- *“Edificios de nueva construcción o a edificios existentes en que se reforme íntegramente el edificio en sí o la instalación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 50l/día.*
- *Ampliaciones o intervenciones, no cubiertas en el punto anterior, en edificios existentes, con una demanda inicial de ACS superior a 5000l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial.*
- *Climatizaciones de: piscinas cubiertas nuevas, piscinas cubiertas existentes en las que se renueve la instalación térmica o piscinas descubiertas existentes que pasen a ser cubiertas”*¹

¹ España. **Código Técnico de la Edificación**. [Internet] *Contribución Solar Mínima de Agua Caliente Sanitaria. Sección HE-4*. Página 49. [Consultado 21 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentoscte/91-ct-documentos-cte%3Flayout=blog.html>

4. Caso de Estudio.

Este proyecto tiene como objetivo el cambio y diseño de un sistema de climatización de un hotel rural situado en la localidad de Colmenar Viejo (Comunidad de Madrid), mediante el sistema de suelo radiante y producción de Agua Caliente Sanitaria, a través, ambos, de un sistema de aerotermia.

Para poder realizar este proyecto se deben tener muy en cuenta las exigencias de la normativa vigente, primordialmente las marcadas en el Código Técnico de la Edificación (de ahora en adelante, CTE), el Reglamento de las Instalaciones Térmicas (de ahora en adelante, RITE) y la Normativa Europea de Diseño de Suelo Radiante, la UNE-EN 1264.

El hotel consta de 3 plantas, con m² en total, distribuidos en 585 m² en la planta baja, 585 m² en la primera planta, contando con la terraza y 465 m² en la segunda planta.

En la planta baja se encuentran la recepción del hotel, un comedor (incluido dos baños, uno para hombres, otro para mujeres, estando ambos dotados con los elementos necesarios para personas con movilidad reducida) y la cocina.

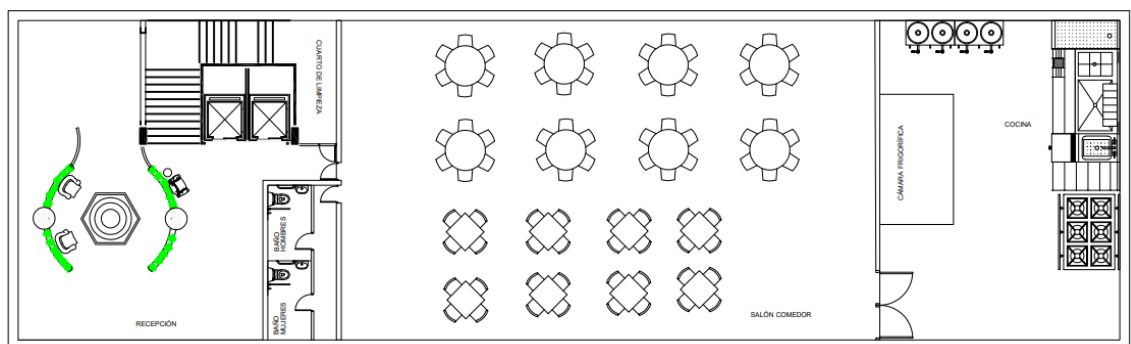


ILUSTRACIÓN 17. PLANO ESQUEMÁTICO PLANTA BAJA. FUENTE: PROPIA

En la primera planta, se encuentran cinco de las diez habitaciones con las que cuenta el hotel. Cuatro de las cinco habitaciones dan a la cara sur, mientras que una da a la cara este.

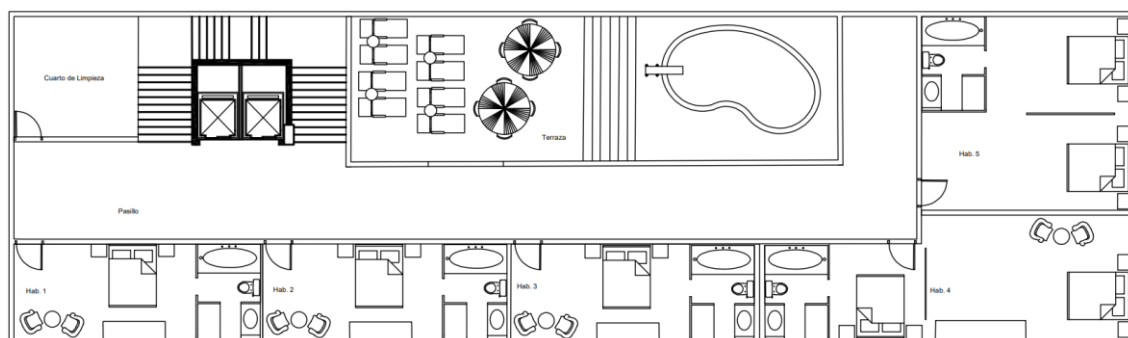


ILUSTRACIÓN 18. PLANO ESQUEMÁTICO PRIMERA PLANTA. FUENTE: PROPIA

En la segunda planta, se encuentran las otras cinco habitaciones restantes con las que cuenta el hotel rural. Como se puede apreciar en el plano, siguen la misma disposición que la primera planta. Sin embargo, en esta planta, no hay terraza.

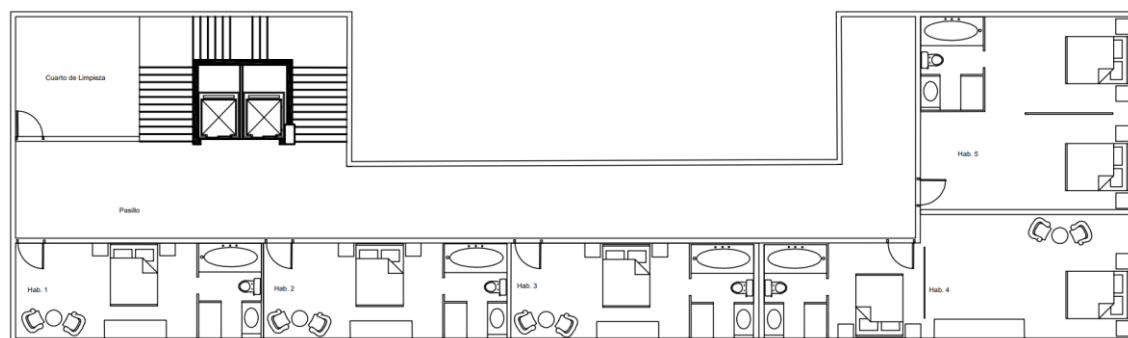


ILUSTRACIÓN 19. PLANO ESQUEMÁTICO SEGUNDA PLANTA. FUENTE: PROPIA

Ambas plantas cuentan con un cuarto de limpieza, que no estará sujeto a climatización ni será objeto de estudio en el presente proyecto. Aunque, por norma general, los pasillos de los edificios no cuentan con climatización, se ha decidido que, en este proyecto, sí que sea climatizado, en aras de un mayor confort al disminuir el salto térmico entre las estancias donde las personas tengan permitido el paso.

Con el fin de facilitar la instalación de los equipos de climatización, la constructora realizó el edificio con 3.3 metros de altura por planta, para así poder contar con espacio suficiente para una posible realización de falsos techos, pero sin tanta altura que se pueda entrar en riesgo considerable de estratificación del aire (a partir de los 2.5 metros siempre se produce estratificación del aire).

4.1 Cerramientos del edificio.

Para poder proceder al cálculo de la envolvente térmica del edificio, es necesario conocer cómo son los cerramientos que componen el edificio. Por ello, lo primero que hay que realizar es una cata en la pared, salvo que se disponga de la memoria de la obra, para poder conocer de manera correcta qué elementos componen cada uno de los cerramientos.

En posteriores apartados, tendremos que comprobar también que los cerramientos cumplen con la normativa vigente sobre transmitancia de cerramientos que aparece en el CTE. Se supone que para que se haya podido dar el visto bueno a la habitabilidad del hotel, se tuvo que comprobar con anterioridad, pero una segunda comprobación es mejor, sobre todo, para poder proponer mejoras que ayuden aún más al ahorro energético y a la eficiencia energética.

Por un lado, se encuentran los muros, que están compuestos de:

- Enfoscado de cemento (2 cm)
- Medio pie de ladrillo (12 cm)
- Mortero de cemento (2 cm)
- Poliuretano proyectado (3 cm)
- Cámara de aire (2 cm)
- Tabique sencillo (5 cm)
- Enlucido de yeso (1.5 cm)

Por otro lado, el suelo en contacto con el terreno cuenta con:

- Arena (20 cm)
- Hormigón (25 cm)
- XPS expandido (6 cm)
- Hormigón (25 cm)
- Mortero de cemento (3 cm)
- Baldosa cerámica (2 cm)

Por último, se ha de describir también la cubierta, cuya composición es:

- Forjado (30 cm)
- Hormigón (10 cm)
- Barrera de vapor
- Mortero (2 cm)
- Betún polimérico
- Geotextil
- Poliuretano proyectado (7 cm)
- Geotextil
- Mortero de agarre (3 cm)

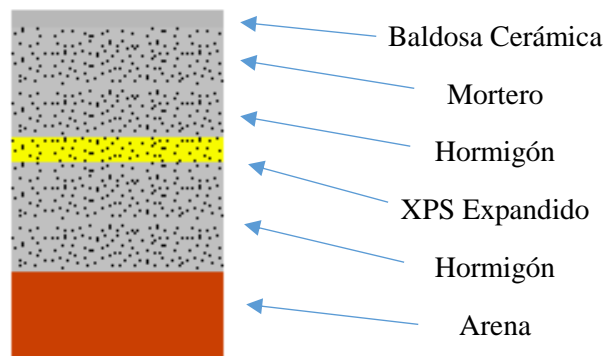


ILUSTRACIÓN 20. COMPOSICIÓN SUELO. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: CE³X

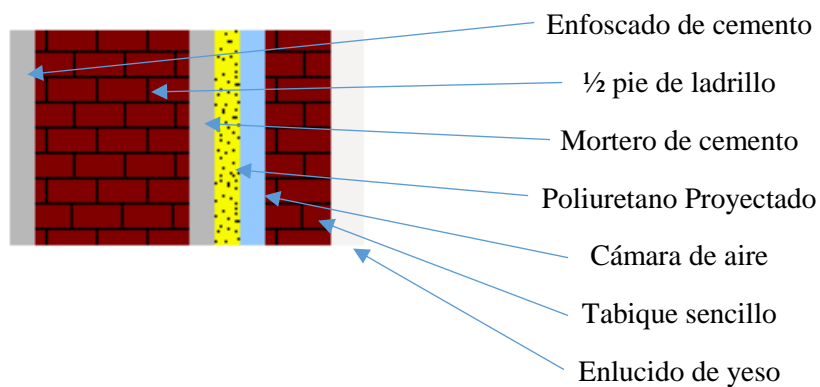


ILUSTRACIÓN 21. COMPOSICIÓN MUROS. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: CE³X

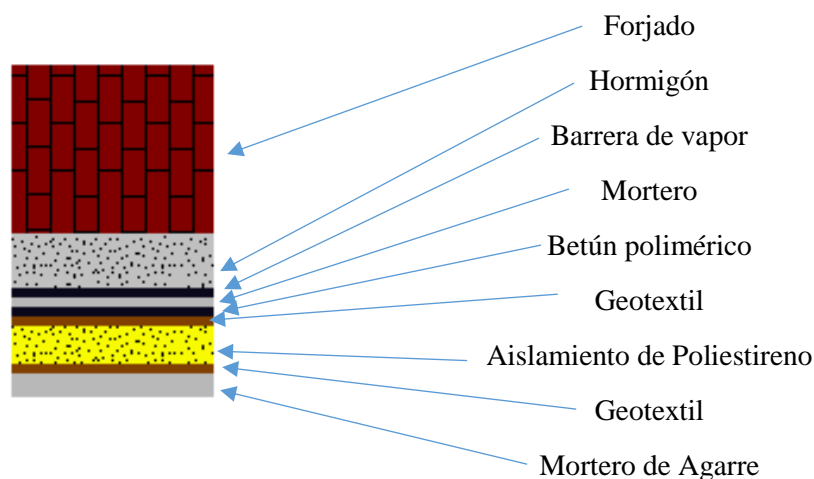


ILUSTRACIÓN 22. COMPOSICIÓN CUBIERTA. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN CE³X

4.2 Condiciones de diseño.

Las condiciones tanto interiores como exteriores de diseño, ya sea en lo referente a las temperaturas o la humedad relativa, vienen recogidas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) en las Instrucciones Técnicas 1.1.4.1, en lo referente a la exigencia de calidad térmica del ambiente, es decir, exterior, y 1.1.4.2, en lo referente a la exigencia de calidad del aire interior.

En cumplimiento de esta normativa, se debe considerar entonces que:

Estación	Temperatura Operativa [°C]	Humedad Relativa [%]
Verano	23-25	45-60
Invierno	21-23	40-50

TABLA 1. CONDICIONES DE DISEÑO INTERIORES. FUENTE: RITE

Para este proyecto, se ha decidido considerar que las condiciones sean, para verano, una temperatura operativa de 24°C y una humedad relativa del 40%, mientras que, para invierno, la humedad relativa permanece invariante, aunque la temperatura operativa desciende hasta los 22°C.

Por otro lado, para poder obtener las condiciones exteriores de cálculo, se ha tenido que ponderar la temperatura en Colmenar Viejo, ya que se han tomado como valores de referencia los relativos a la estación meteorológica de Barajas – Aeropuerto de Madrid obtenidos de la Agencia Estatal de la Meteorología (AEMET). Para poder proceder a esta ponderación, se considera que la

temperatura disminuye 7°C por cada 1000 metros de diferencia de altura sobre el nivel del mar.

El procedimiento para calcular las cargas térmicas, precisa de una serie de datos que han de obtenerse de igual manera, acudiendo a la AEMET y ponderando, en caso de que sea necesario, las temperaturas y las humedades relativas.

Con ello, se obtiene que, para un nivel de percentil del 1%, para considerar condiciones desfavorables de diseño, las condiciones de temperatura en verano son de 37.28°C y una temperatura de suelo de 30.45°C, además de una humedad exterior del 61%.

Por otro lado, considerando un nivel percentil del 99%, para volver a considerar condiciones desfavorables de diseño, las condiciones de temperatura exterior en invierno son de -3.4°C, con una humedad exterior del 53% y una temperatura del terreno de 5.88°C.

Otros datos que se han de tener en cuenta para proceder al cálculo completo de las cargas térmicas son los siguientes:

- Localidad: Colmenar Viejo (Comunidad de Madrid)
- Altitud: 883 msnm
- Zona Climática: D1
- Coeficiente de orientación Norte para radiación: 0.60
- Coeficiente de orientación Oeste para radiación: 0.90
- Coeficiente de orientación Sur para radiación: 1.00
- Coeficiente de orientación Este para radiación: 0.80

Con estos coeficientes, se consigue realizar la ponderación necesaria en la temperatura exterior en verano para el cálculo de la radiación a través de los cerramientos. Para proceder a esta ponderación, se considera que la temperatura máxima en Colmenar Viejo, según datos vertidos por la AEMET es de 40°C, mientras que la temperatura media es de 33°C. Con ello, se tiene una temperatura exterior de diseño, como se ha indicado anteriormente, de 37.20°C. Con ello, se procede de la siguiente manera:

- Temperatura Norte: $0.60 \cdot T_e = 22.368^\circ\text{C}$
- Temperatura Oeste: $0.90 \cdot T_e = 33.552^\circ\text{C}$

- Temperatura Sur: $T_e = 37.284^{\circ}\text{C}$
- Temperatura Este: $0.80 \cdot T_e = 29.824^{\circ}\text{C}$
- Temperatura Cubierta: $T_e + 12^{\circ}\text{C} = 49.28^{\circ}\text{C}$
- Temperatura Suelo: $(T_e + 15)/2 = 26.14^{\circ}\text{C}$

4.3 Cálculo de Cargas Térmicas por Transmisión en Cerramientos.

Para proceder a realizar el cálculo de la transmitancia térmica del edificio, es necesario acudir al Código Técnico de la Edificación, en concreto al Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía.

En primer lugar, debemos hallar cual es el valor de cada una de las resistencias térmicas de todos los cerramientos que estén en contacto con el aire exterior. Dentro de este grupo, encontramos tanto la fachada, como la cubierta, además de los suelos en contacto con el aire exterior.

La resistencia térmica total R_T de un cerramiento será la suma de cada una de las capas que lo componen, añadiendo también las resistencias térmicas superficiales que corresponden al aire exterior y al aire interior, R_{se} y R_{si} respectivamente.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (2)$$

La resistencia térmica de cada uno de los componentes del cerramiento viene definida por la expresión, en coordenadas cartesianas:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3)$$

El parámetro e es el espesor de la capa, considerando el espesor medio en caso de tratarse de una capa de espesor variable. El parámetro λ es la conductividad térmica del material que compone la capa. En caso de no conocerse, se puede recurrir a la norma UNE-EN 10456:2012 para calcular su valor. De esta expresión se deduce que las unidades de la resistencia térmica es $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, en unidades del sistema internacional.

El valor de las resistencias térmicas superficiales es un dato que aparece tabulado en el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación.

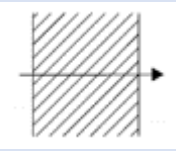

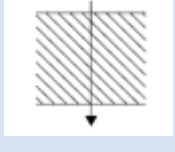
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		$R_{se} [m^2 \cdot K/W]$	$R_{si} [m^2 \cdot K/W]$
Cerramientos verticales o con pendiente superior a 60º sobre la horizontal y flujo horizontal		0.04	0.13
Cerramientos horizontales o con pendiente menor o igual a 60º sobre la horizontal y flujo ascendente (techos)		0.04	0.10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelos)		0.04	0.17

TABLA 2. RESISTENCIAS TÉRMICAS SUPERFICIALES DE CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR. FUENTE: CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Por otro lado, dado que existe una cámara de aire sin ventilar, se debe tener en cuenta también la resistencia térmica de ésta. Siguiendo lo marcado por el Código Técnico de la Edificación, se define una cámara de aire sin ventilar como “*aquella en la que no existe ningún sistema específico para el flujo del aire a través de ella. Una cámara de aire que no tenga aislamiento entre ella y el ambiente exterior, pero con pequeñas aberturas al exterior también puede considerarse como cámara de aire sin ventilar, si esas aberturas no permiten el flujo de aire a través de la cámara y no exceden: i) 500 mm² por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales; ii) 500mm² por m² de superficie para cámaras de aire horizontales.*”²

² España. **Código Técnico de la Edificación**. [Internet] *Cálculo de los parámetros característicos de la envolvente. DA DB-HE-1* Página 3. [Consultado 25 noviembre 2018]. Disponible en: https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf

e (cm)	Sin ventilar	
	Horizontal	Vertical
1	0.15	0.15
2	0.16	0.17
5	0.16	0.18

TABLA 3. RESISTENCIAS TÉRMICAS DE CÁMARAS DE AIRE. FUENTE: CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.

En lo que concierne al cálculo de la transmitancia térmica a través de los cerramientos en contacto con el terreno, el cálculo a realizar es ligeramente diferente. Según lo que se vierte en el CTE, existen dos casos. “*El primer caso es para realizar el cálculo en soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno, o como máximo a 50 centímetros*”³, caso en el que este hotel se sitúa. “*El segundo caso es para las soleras o losas a una profundidad superior a 50 centímetros respecto al nivel del terreno*”³.

Como se ha indicado en el párrafo anterior, el suelo del hotel rural se encuentra ante el caso 1. La transmitancia térmica se obtendrá haciendo uso de la tabla 4, donde las variables son el ancho de la banda de aislamiento, D, la resistencia térmica del aislante, R_a, que ha de calcularse siguiendo la expresión (3) y la longitud característica de la solera, B’.

Según el Código Técnico, se define la longitud característica como “*el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto*”⁴, lo que matemáticamente se puede expresar como:

$$B' = \frac{A}{0.5 P} \quad (4)$$

donde A es el área de la solera, medido en m² y P es el perímetro de la solera, medido en m.

³ España. **Código Técnico de la Edificación**. [Internet] *Cálculo de los parámetros característicos de la envolvente*. DA DB-HE-1 Página 4. [Consultado 25 noviembre 2018]. Disponible en: https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf

⁴ España. **Código Técnico de la Edificación**. [Internet] *Cálculo de los parámetros característicos de la envolvente*. DA DB HE-1 Página 4. [Consultado el 25 noviembre 2018]. Disponible en: https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf

En caso de que no exista aislamiento en la solera, se considerará que R_a es 0, pero esta no es la circunstancia que atañe al hotel de Colmenar Viejo.

B'	R _s	D = 0.5 m						D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R _s (m ² ·K/ W)						R _s (m ² ·K/ W)					R _s (m ² ·K/ W)				
		0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-	
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55	
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53	
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48	
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44	
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41	
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37	
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35	
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33	
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31	
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27	
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25	
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23	
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21	
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20	

TABLA 4. TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL SUELO. FUENTE: CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El estudio de las cargas térmicas también supone comprobar si existen muros, ya sean limitadores de espacios habitables o de no habitables, que estén en contacto con el terreno. Sin embargo, tras realizar esta comprobación, se puede confirmar que no existen dichos muros, por lo que no existirá transmitancia térmica de esta manera.

Con todo ello, la pérdida o ganancia de calor se calcula con la expresión:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (5)$$

donde U es el valor de la transmitancia térmica [W/m²·K] y es la inversa de la resistencia térmica (en caso de existir varias, la inversa de la suma de ellas).

4.4 Cálculo de Cargas Térmicas por Radiación.

Seguidamente, se ha de calcular la transferencia de calor que se genera por radiación de la envolvente. Para ello, se hace uso de la expresión (4) de igual manera que se ha calculado la transferencia de calor por transmisión. Sin embargo, ΔT no se calculará de manera “bruta” sino ponderando las temperaturas según la orientación de cada uno de los muros.

Siguiendo con el cálculo de la transferencia de calor generada por radiación, se ha de calcular también la que se produce a través de los vidrios, puesto que la radiación solar atraviesa cualquier superficie que sea transparente (o traslúcida), provocando así un aumento de temperatura en el interior de la estancia. Para ello, hay que seguir la siguiente expresión.

$$q = S \cdot f \cdot G \quad (6)$$

donde S es el área del vidrio, f es un factor de corrección debido a elementos auxiliares de las ventanas y G es el valor de la radiación global por unidad de superficie.

Tanto los datos del factor de corrección como los de radiación global son datos que aparecen tabulados:

Hora solar	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horizontal
10	50	98	400	466	217	50	50	50	722
11	54	57	183	356	284	72	54	54	794
12	54	54	59	202	309	202	59	54	816
13	54	54	54	72	284	356	183	57	794
14	50	50	50	50	217	466	400	98	722
15	48	44	44	44	133	511	568	249	593
16	44	37	37	37	57	492	647	407	433

TABLA 5. RADIACIÓN SOLAR SEGÚN ORIENTACIÓN Y HORA. FUENTE: TFG PABLO PÉREZ SÁNCHEZ

Elemento en la ventana	Factor f
Persiana color claro	0,56
Persiana color gris	0,65
Persiana color oscuro	0,75
Toldo o lona exterior	0,25
Cortina interior blanca	0,41
Cortina interior gris	0,63
Cortina interior oscura	0,80
Persiana exterior madera	0,24

TABLA 6. FACTOR F SEGÚN ELEMENTO EN VENTANA. FUENTE: TFG PABLO PÉREZ SÁNCHEZ

4.5 Cálculo de Cargas Térmicas por Renovación e Iluminación y Equipos.

A continuación, se ha de calcular la carga térmica por renovación e iluminación y equipos. Para proceder al cálculo de la carga térmica por renovación, se debe considerar que existen dos tipos de cargas distintas, la carga térmica sensible y la carga térmica latente.

Para profundizar un poco en la diferencia entre estas dos cargas, se debe conocer que la carga térmica sensible es aquella carga que recibe un cuerpo que hace que la temperatura de éste aumente, pero sin alterar su estructura molecular, es decir, sin que se modifique su estado. Por otro lado, la carga térmica latente es aquella que recibe un cuerpo para únicamente modificar su estructura molecular, es decir, modifique su estado, sin que se produzca ninguna variación de temperatura.

Para poder calcular la carga sensible por renovación (o también llamada ventilación) se ha de aplicar la siguiente fórmula:

$$q = \dot{V}_o \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T \quad (7)$$

donde \dot{V}_o es el caudal de aire de ventilación, ρ es la densidad del aire (1.18kg/m³), c es el calor específico del aire (1.012 kJ/kg·°C) y ΔT es la diferencia de temperaturas entre el aire exterior y el aire interior.

En cuanto al cálculo de la carga latente por ventilación, se debe hacer uso de la siguiente expresión:

$$q = \dot{V}_o \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta w \quad (8)$$

donde c es el calor específico del agua (2257 kJ/kg·°C) y Δw es la diferencia de humedad absoluta entre el aire exterior e interior, debiéndose obtener haciendo uso del diagrama psicrométrico conocidas la humedad relativa del aire y la temperatura.

En otro orden, también se debe tener en cuenta la carga térmica que produce la iluminación y los equipos que hay en cada una de las estancias.

Siguiendo con el propósito de tener un edificio energéticamente eficiente, se contempla que toda la iluminación del hotel es de tipo LED.

Los equipos que hay instalados en el hotel también han de ser tenidos en cuenta, debido a que producen también un calor sensible, y, por consiguiente, un aumento de temperatura del aire interior.

Para poder proceder al cálculo de la carga térmica que producen se ha de considerar un factor de uso, puesto que no todos los elementos estarán utilizados las 24 horas del día, y, por tanto, no estarán disipando calor al ambiente constantemente y además un coeficiente de simultaneidad de 0.80, puesto que no todos estarán funcionando al mismo tiempo.

Para calcular la carga térmica que es producida por la iluminación, se debe seguir la siguiente fórmula:

$$q = n \cdot Pot \quad (9)$$

donde n es el número de bombillas LED que hay en la estancia a calcular y Pot es la potencia de cada una de esas bombillas.

Para calcular la carga térmica que se produce por los equipos, se sigue la misma expresión, aunque particularizada, que para la iluminación (Ec. 9).

Ambas cargas, como se ha indicado anteriormente, deben ser pormenorizadas tanto por los coeficientes de simultaneidad como por los coeficientes de uso.

4.6 Cálculo de Cargas Térmicas por Ocupación.

Para poder calcular de manera fidedigna las cargas térmicas que existen en una estancia, se debe tener en cuenta también que las personas que la ocupan son fuentes emisoras de calor, puesto que son cuerpos que se encuentran a 37°C.

La cantidad de calor que disipe cada persona dependerá, primordialmente de dos factores: la temperatura del aire y la actividad metabólica de la persona (o grado de actividad).

En este caso, se optará por no pormenorizar las cargas y basarse en el peor de los casos posibles, es decir, con un 100% de ocupación del hotel y un 100% de ocupación en cada una de las estancias.

Las cargas térmicas por ocupación también son cargas térmicas que deben ser separadas en dos tipos, carga sensible y carga latente, aunque ambas se calcularán con la misma expresión.

$$q = n \cdot C_{sensible-latente/persona} \quad (10)$$

donde n es el número de personas en cada estancia y C es el calor sensible o el calor latente por persona, que viene tabulado.

ACTIVIDAD REALIZADA	28°C		27°C		26°C		24°C	
	SENSIBLE	LATENTE	SENSIBLE	LATENTE	SENSIBLE	LATENTE	SENSIBLE	LATENTE
SENTADO EN REPOSO. ESCUELA	45	45	50	40	55	35	60	30
SENTADO TRABAJO LIGERO. INSTITUTO	45	55	50	50	55	45	60	40
OFICINISTA, ACTIVIDAD. LIGERA.	45	70	50	65	55	60	60	50
PERSONA DE PIE. TIENDA	45	70	50	75	55	70	65	60
PERSONA QUE PASEA. BANCO.	45	80	50	75	55	70	65	60
TRABAJO SEDENTARIO	50	90	55	85	60	80	70	70
TRABAJO LIGERO TALLER	50	140	55	135	60	130	75	115
PERSONA QUE CAMINA	50	160	60	155	70	145	85	130
PERSONA QUE BAILA	70	185	75	175	85	170	95	155
PERSONA EN TRABAJO. PENOSO.	115	250	120	250	125	245	130	230

TABLA 7. CALOR SENSIBLE Y CALOR LATENTE SEGÚN TEMPERATURA Y ACTIVIDAD EN [KCAL/H]. FUENTE: CLIMAYOREO

4.7 Resultados obtenidos.

Aplicando todo lo explicado en los apartados anteriores, se obtienen los siguientes resultados:

Elemento	Espesor	Conductiv.	R
Enf. Cem.	0,02	1	0,02
1/2 pie lad	0,12	0,694	0,17291066
Mort. Cem.	0,02	1	0,02
Poliur. Pr.	0,03	0,027	1,11111111
Cám. Aire	0,02		0,17
Tab. Senc.	0,05	0,445	0,11235955
Enl. Yeso	0,015	0,57	0,02631579
Rsi			0,13
Rse			0,04
U			0,55472436

TABLA 8. CÁLCULO DE U MUROS. FUENTE: PROPIA Y CTE.

Elemento	Espesor	Conductiv.	R
Grava	0,2	2	0,1
Hormigón	0,25	1,5	0,16666667
Poliur. Pr.	0,06	0,027	2,22222222
Hormigon	0,25	1,5	0,16666667
Mortero	0,03	0,445	0,06741573
Bald. Cerám.	0,02	1,3	0,01538462
Rsi			0,17
Rse			0,04
U			0,33917208

TABLA 9. CÁLCULO DE U SUELO. FUENTE: PROPIA Y CTE.

Elemento	Espesor	Conductiv.	R
Forjado	0,3	1	0,3
Hormigón	0,1	1,5	0,06666667
Barrera V	-	-	0
Mortero	0,02	1	0,02
Betún Polim.	0,02	0,23	0,08695652
Geotextil	-	-	-
Aisl. Poliest	0,07	0,028	2,5
Geotextil			0,1
Mortero Ag	0,03	0,445	0,06741573
Rsi			0,1
Rse			0,04
U			0,30478151

TABLA 10. CÁLCULO DE U CUBIERTA. FUENTE: PROPIA Y CTE

Dado que el hotel está situado en Colmenar Viejo, según el Código Técnico de la Edificación, está situado en la zona climatológica D1, puesto que el desnivel entre Colmenar Viejo y Madrid capital es inferior a 400 metros.

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	D1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	112	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Malilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	C1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

TABLA 11. ZONAS CLIMATOLÓGICAS DE ESPAÑA. FUENTE: CTE

Según el CTE, existe una transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno de $0.66 \text{ W/m}^2\text{K}$, una transmitancia límite de suelos de $0.49 \text{ W/m}^2\text{K}$ y una transmitancia límite de cubiertas de $0.38 \text{ W/m}^2\text{K}$.

ZONA CLIMÁTICA D1

Transmitancia límite de muros de fachada y
cerramientos en contacto con el terreno
Transmitancia límite de suelos
Transmitancia límite de cubiertas

$U_{\text{Mlim}}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $U_{\text{Slim}}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $U_{\text{Clim}}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

TABLA 12. TRANSMITANCIA LÍMITE EN CERRAMIENTOS EN ZONA D1. FUENTE: CTE

Para que los cerramientos sean acordes al Código Técnico de la Edificación, no deben superar estos umbrales, puesto que lo que aportan son los valores máximos. Se puede apreciar en los tres casos que, en ningún momento, se superan esos límites y que los cerramientos están acordes al reglamento.

Los resultados para el cálculo de la transmisión envolvente para la carga térmica de refrigeración quedan de la siguiente manera:

PLANTA BAJA							
Cerramiento por habitación	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
RECEPCIÓN (PB-R)							
Pared Norte	10	3,3	33	0	0,55472436	9	164,753134
Pared Sur	10	3,3	33	0	0,55472436	9	164,753134
Pared Oeste	13	3,3	42,9	27	0,55472436	9	79,3810557
Suelo			150		0,33917208	6,453028	328,303038
TOTAL RECEPCIÓN							737,190363
COMEDOR (PB-C)							
Pared Norte	25	3,3	82,5	0	0,55472436	9	411,882836
Pared Sur	25	3,3	82,5	75	0,55472436	9	37,4438942
Suelo			270		0,33917208	6,453028	590,945469
TOTAL COMEDOR							1040,2722
COCINA (PB-CO)							
Pared Norte	10	3,3	33	0	0,55472436	9	164,753134
Pared Sur	10	3,3	33	0	0,55472436	9	164,753134
Pared Este	13	3,3	42,9	9	0,55472436	9	169,246402
Suelo			130	6	0,33917208	6,453028	284,5293
TOTAL COCINA							783,28197
TOTAL PLANTA BAJA							2560,74453

TABLA 13. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE DE LA PLANTA BAJA PARA REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

PRIMERA PLANTA							
Cerramiento por habitación	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P1-1)							
Pared Norte	4	3,3	13,2	4	0,55472436	9	45,9311769
Pared Este	10	3,3	33	10	0,55472436	9	114,827942
TOTAL HABITACIÓN 1							160,759119
HABITACIÓN 2 (P1-2)							
Pared Este	10	3,3	33	10	0,55472436	9	114,827942
TOTAL HABITACIÓN 2							114,827942
HABITACIÓN 3 (P1-3)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	9	114,827942
TOTAL HABITACIÓN 3							114,827942
HABITACIÓN 4 (P1-4)							
Pared Sur	15	3,3	49,5	15	0,55472436	9	172,241913
Pared Este	5	3,3	16,5	5	0,55472436	9	57,4139711
TOTAL HABITACIÓN 4							229,655884
HABITACIÓN 5 (P1-5)							
Pared Este	8	3,3	26,4	8	0,55472436	9	91,8623538
Pared Norte	9	3,3	29,7	9	0,55472436	9	103,345148
TOTAL HABITACIÓN 5							195,207502
PASILLO (P1-P)							
Pared Norte	28	3,3	92,4	0	0,55472436	9	461,308776
Pared Oeste	9	3,3	29,7	0	0,55472436	9	148,277821
TOTAL PASILLO							609,586597
TOTAL PRIMERA PLANTA							1424,86499

TABLA 14. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE DE LA PRIMERA PLANTA PARA REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

SEGUNDA PLANTA							
Cerramiento por habitacion	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P2-1)							
Pared Norte	4	3,3	13,2	4	0,55472436	9	45,9311769
Pared Este	10	3,3	33	10	0,55472436	9	114,827942
Techo			40		0,30478151	9	109,721344
TOTAL HABITACIÓN 1							270,480463
HABITACIÓN 2 (P2-2)							
Pared Este	10	3,3	33	10	0,55472436	9	114,827942
Techo			40		0,30478151	9	109,721344
TOTAL HABITACIÓN 2							224,549286
HABITACIÓN 3 (P2-3)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	9	114,827942
Techo			30		0,3047815	9	82,291005
TOTAL HABITACIÓN 3							197,118947
HABITACIÓN 4 (P2-4)							
Pared Sur	15	3,3	49,5	15	0,55472436	9	172,241913
Pared Este	5	3,3	16,5	5	0,55472436	9	57,4139711
Techo			73,8		0,3047815	9	202,435872
TOTAL HABITACIÓN 4							432,091757
HABITACIÓN 5 (P2-5)							
Pared Norte	8	3,3	26,4	8	0,55472436	9	91,8623538
Pared Oeste	9	3,3	29,7	9	0,55472436	9	103,345148
Techo			72		0,3047815	9	197,498412
TOTAL HABITACIÓN 5							392,705914
PASILLO (P2-P)							
Pared Norte	28	3,3	92,4	0	0,55472436	9	461,308776
Pared Oeste	9	3,3	29,7	0	0,55472436	9	148,277821
Techo			164		0,3047815	9	449,857494
TOTAL PASILLO							1059,44409
TOTAL SEGUNDA PLANTA							2576,39046

TABLA 15. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE DE LA SEGUNDA PLANTA.
FUENTE: PROPIA

PLANTA BAJA							
Cerramiento por habitacion	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
RECEPCIÓN (PB-R)							
Pared Norte							0
Pared Sur							0
Pared Oeste				27	3,4	9	826,2
Suelo							0
TOTAL RECEPCIÓN							826,2
COMEDOR (PB-C)							
Pared Norte							0
Pared Sur				75	3,4	9	2295
Suelo							0
TOTAL COMEDOR							2295
COCINA (PB-CO)							
Pared Norte							0
Pared Sur							0
Pared Este				9	3,4	9	275,4
Suelo							0
TOTAL COCINA							275,4
TOTAL PLANTA BAJA							3396,6

TABLA 16. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE VIDRIOS EN PLANTA BAJA EN REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

PRIMERA PLANTA							
Cerramiento por habitación	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P1-1)							
Pared Oeste				4	3,4	9	122,4
Pared Sur				10	3,4	9	306
TOTAL HABITACIÓN 1							428,4
HABITACIÓN 2 (P1-2)							
Pared Sur				10	3,4	9	306
TOTAL HABITACIÓN 2							306
HABITACIÓN 3 (P1-3)							
Pared Sur				10	3,4	9	306
TOTAL HABITACIÓN 3							306
HABITACIÓN 4 (P1-4)							
Pared Sur				15	3,4	9	459
Pared Este				5	3,4	9	153
TOTAL HABITACIÓN 4							612
HABITACIÓN 5 (P1-5)							
Pared Este				8	3,4	9	244,8
Pared Norte				9	3,4	9	275,4
TOTAL HABITACIÓN 5							520,2
PASILLO (P1-P)							
Pared Norte							0
Pared Oeste							0
TOTAL PASILLO							0
TOTAL PRIMERA PLANTA							2172,6

TABLA 17. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE VIDRIOS EN REFRIGERACIÓN EN PRIMERA PLANTA. FUENTE: PROPIA

SEGUNDA PLANTA							
Cerramiento por habitacion	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P2-1)							
Pared Oeste				4	3,4	9	122,4
Pared Sur				10	3,4	9	306
Techo							
TOTAL HABITACIÓN 1							428,4
HABITACIÓN 2 (P2-2)							
Pared Sur				10	3,4	9	306
Techo							0
TOTAL HABITACIÓN 2							306
HABITACIÓN 3 (P2-3)							
Pared Sur				10	3,4	9	306
Techo							0
TOTAL HABITACIÓN 3							306
HABITACIÓN 4 (P2-4)							
Pared Sur				15	3,4	9	459
Pared Este				5	3,4	9	153
Techo							
TOTAL HABITACIÓN 4							612
HABITACIÓN 5 (P2-5)							
Pared Norte				9	3,4	9	275,4
Pared Este				8	3,4	9	244,8
Techo							0
TOTAL HABITACIÓN 5							520,2
PASILLO (P2-P)							
Pared Norte							
Pared Oeste							
Techo							
TOTAL PASILLO							0
TOTAL SEGUNDA PLANTA							2172,6

TABLA 18. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE VIDRIOS EN SEGUNDA PLANTA EN REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

Para proceder al cálculo de la carga térmica por radiación de la envolvente para la carga de refrigeración, se debe calcular primeramente la temperatura exterior de cálculo. Para ello, se debe calcular la temperatura exterior como la media ponderada de la temperatura media y la temperatura máxima, ponderando un 40% y un 60% respectivamente. Posteriormente, habrá que hacer uso de las expresiones del apartado 4.2.

Temperatura exterior de cálculo (Text)				
Lugar	Tme	Tmax	Te	Text
Norte	33	40	37,2	22,32
Sur	33	40	37,2	37,2
Este	33	40	37,2	29,76
Oeste	33	40	37,2	33,48
Cubierta	33	40	37,2	49,2
Suelo	33	40	37,2	26,1

TABLA 19. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA EXTERIOR DE CÁLCULO PARA CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

Con todo ello, podemos proceder al cálculo de la carga térmica por radiación de la envolvente para la carga térmica de refrigeración:

PLANTA BAJA							
Cerramiento por habitacion	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
RECEPCIÓN (PB-R)							
Pared Norte	10	3,3	33	0	0,55472436	-1,68	-30,7539184
Pared Sur	10	3,3	33	0	0,55472436	13,2	241,637931
Pared Oeste	13	3,3	42,9	27	0,55472436	9,48	83,614712
Suelo			150		0,21871569	2,1	68,8954413
TOTAL RECEPCIÓN							363,394165
COMEDOR (PB-C)							
Pared Norte	25	3,3	82,5	0	0,55472436	-1,68	-76,8847961
Pared Sur	25	3,3	82,5	75	0,55472436	13,2	54,9177115
Suelo			270		0,21871569	2,1	124,011794
TOTAL COMEDOR							102,04471
COCINA (PB-CO)							
Pared Norte	10	3,3	33	0	0,55472436	-1,68	-30,7539184
Pared Sur	10	3,3	33	0	0,55472436	13,2	241,637931
Pared Este	13	3,3	42,9	9	0,55472436	5,76	108,317697
Suelo			130		0,21871569	2,1	59,7093825
TOTAL COCINA							378,911092
TOTAL PLANTA BAJA							844,349967

TABLA 20. CARGA TÉRMICA EN W POR RADIACIÓN DE LA ENVOLVENTE DE LA PLANTA BAJA PARA REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

PRIMERA PLANTA							
Cerramiento por habitacion	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P1-1)							
Pared Oeste	4	3,3	13,2	4	0,55472436	-1,68	-8,57381968
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	13,2	168,414315
TOTAL HABITACIÓN 1							159,840496
HABITACIÓN 2 (P1-2)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	13,2	168,414315
TOTAL HABITACIÓN 2							168,414315
HABITACIÓN 3 (P1-3)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	13,2	168,414315
TOTAL HABITACIÓN 3							168,414315
HABITACIÓN 4 (P1-4)							
Pared Sur	15	3,3	49,5	15	0,55472436	13,2	252,621473
Pared Este	5	3,3	16,5	5	0,55472436	5,76	36,7449415
TOTAL HABITACIÓN 4							289,366414
HABITACIÓN 5 (P1-5)							
Pared Norte	9	3,3	29,7	9	0,55472436	-1,68	-19,2910943
Pared Este	8	3,3	26,4	8	0,55472436	5,76	58,7919064
TOTAL HABITACIÓN 5							39,5008121
PASILLO (P1-P)							
Pared Norte	28	3,3	92,4	0	0,55472436	-1,68	-86,1109716
Pared Oeste	9	3,3	29,7	0	0,55472436	9,48	156,185971
TOTAL PASILLO							70,0749999
TOTAL PRIMERA PLANTA							895,611352

TABLA 21. CARGA TÉRMICA EN W POR RADIACIÓN DE LA ENVOLVENTE DE LA PRIMERA PLANTA PARA REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

SEGUNDA PLANTA							
Cerramiento por habitacion	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P2-1)							
Pared Oeste	4	3,3	13,2	4	0,55472436	-1,68	-8,57381968
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	5,76	73,489883
Techo			72		0,32215538	25,2	584,518717
TOTAL HABITACIÓN 1							64,9160633
HABITACIÓN 2 (P2-2)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	13,2	168,414315
Techo			40		0,32215538	25,2	324,73262
TOTAL HABITACIÓN 2							493,146936
HABITACIÓN 3 (P2-3)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	13,2	168,414315
Techo			30		0,32215538	25,2	243,549465
TOTAL HABITACIÓN 3							411,96378
HABITACIÓN 4 (P2-4)							
Pared Sur	15	3,3	49,5	15	0,55472436	13,2	252,621473
Pared Oeste	5	3,3	16,5	5	0,55472436	9,48	60,4760496
Techo			60		0,32215538	25,2	487,09893
TOTAL HABITACIÓN 4							800,196453
HABITACIÓN 5 (P2-5)							
Pared Norte	8	3,3	26,4	8	0,55472436	-1,68	-17,1476394
Pared Oeste	9	3,3	29,7	9	0,55472436	9,48	108,856889
Techo			72		0,32215538	25,2	584,518717
TOTAL HABITACIÓN 5							676,227966
PASILLO (P2-P)							
Pared Norte	28	3,3	92,4	0	0,55472436	-1,68	-86,1109716
Pared Oeste	9	3,3	29,7	0	0,55472436	9,48	156,185971
Techo			164		0,32215538	25,2	1331,40374
TOTAL PASILLO							1401,47874
TOTAL SEGUNDA PLANTA							3847,92994

TABLA 22. CARGA TÉRMICA EN W POR RADIACIÓN DE LA ENVOLVENTE DE LA SEGUNDA PLANTA PARA REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

Los resultados que se obtienen de las cargas térmicas por la radiación a través de los vidrios son:

PLANTA BAJA				
Situación	G	f	Superficie	Q
RECEPCIÓN (PB-R)				
Pared Oeste	568	1	27	15336
TOTAL RECEPCIÓN				15336
COMEDOR (PB-C)				
Pared Sur	133	1	75	9975
TOTAL COMEDOR				9975
COCINA (PB-CO)				
Pared Este	44	1	9	396
TOTAL COCINA				396
TOTAL PLANTA BAJA				25707

TABLA 23. CARGA TÉRMICA EN W POR RADIACIÓN A TRAVÉS DE LOS VIDRIOS DE LA PLANTA BAJA EN REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

PRIMERA PLANTA				
Situación	G	f	Superficie	Q
HABITACIÓN 1 (P1-1)				
Pared Oeste	568	0,4095	4	930,384
Pared Sur	133	0,4095	10	544,635
TOTAL HABITACIÓN 1				1475,019
HABITACIÓN 2 (P1-2)				
Pared Sur	133	0,4095	10	544,635
TOTAL HABITACIÓN 2				544,635
HABITACIÓN 3 (P1-3)				
Pared Sur	133	0,4095	10	544,635
TOTAL HABITACIÓN 3				544,635
HABITACIÓN 4 (P1-4)				
Pared Sur	133	0,4095	15	816,9525
Pared Este	44	0,4095	5	90,09
TOTAL HABITACIÓN 4				907,0425
HABITACIÓN 5 (P1-5)				
Pared Este	44	0,4095	8	144,144
Pared Norte	48	0,4095	9	176,904
TOTAL HABITACIÓN 5				321,048
PASILLO (P1-P)				
Pared Norte	48	1	0	0
Pared Oeste	568	1	0	0
Pared Este	44	1	0	0
TOTAL PASILLO				0
TOTAL PRIMERA PLANTA				3792,3795

TABLA 24. CARGA TÉRMICA EN W POR RADIACIÓN A TRAVÉS DE LOS VIDRIOS DE LA PRIMERA PLANTA EN REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

SEGUNDA PLANTA				
Situación	G	f	Superficie	Q
HABITACIÓN 1 (P1-1)				
Pared Oeste	568	0,4095	4	930,384
Pared Sur	133	0,4095	10	544,635
TOTAL HABITACIÓN 1				1475,019
HABITACIÓN 2 (P1-2)				
Pared Sur	133	0,4095	10	544,635
TOTAL HABITACIÓN 2				544,635
HABITACIÓN 3 (P1-3)				
Pared Sur	133	0,4095	10	544,635
TOTAL HABITACIÓN 3				544,635
HABITACIÓN 4 (P1-4)				
Pared Sur	133	0,4095	15	816,9525
Pared Este	44	0,4095	5	90,09
TOTAL HABITACIÓN 4				907,0425
HABITACIÓN 5 (P1-5)				
Pared Este	44	0,4095	8	144,144
Pared Norte	48	0,4095	9	176,904
TOTAL HABITACIÓN 5				321,048
PASILLO (P1-P)				
Pared Norte	48	1	0	0
Pared Oeste	568	1	0	0
Pared Este	44	1	0	0
TOTAL PASILLO				0
TOTAL SEGUNDA PLANTA				3792,3795

TABLA 25. CARGA TÉRMICA EN W POR RADIACIÓN A TRAVÉS DE LOS VIDRIOS DE LA SEGUNDA PLANTA EN REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

Los resultados que se obtienen por la carga térmica de renovación, tanto sensible como latente, habida cuenta del caudal de renovación que exige el CTE, son:

CARGA TÉRMICA SENSIBLE					
Planta	Caudal Volumétrico	Calor Específico	ΔT	ρ	Q
Planta Baja	488,55	1000	13,28	0,00115	7461,1356
Primera Planta	266,75	1000	13,28	0,00115	4073,806
Segunda Planta	266,75	1000	13,28	0,00115	4073,806
TOTAL SENSIBLE					15608,7476

TABLA 26. CARGA TÉRMICA SENSIBLE POR W POR RENOVACIÓN EN REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

CARGA TÉRMICA LATENTE					
Planta	Caudal Volumétrico	Calor Latente	Δw	ρ	Q
Planta Baja	485,55	2257000	0,0012	0,00115	1512,32316
Primera Planta	266,75	2257000	0,0012	0,00115	830,835555
Segunda Planta	266,75	2257000	0,0012	0,00115	830,835555
TOTAL LATENTE					3173,99427

TABLA 27. CARGA TÉRMICA LATENTE POR W POR RENOVACIÓN EN REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

El resultado de la carga térmica por iluminación y equipos tiene que ser ponderada al uso que se hará de cada uno de los elementos. 1 será que se considera que son utilizadas durante las 24 horas del día, mientras que 0 se considerará que no se usa nunca.

CARGA POR ILUMINACIÓN Y EQUIPOS					
Estancia	Aparato	Unidades	Potencia	Uso	Q
Recepción	Bombilla Led	40	5	1	200
	Ordenador	2	300	1	600
	TV	1	360	0,75	270
Comedor	TV	2	360	0,16666667	120
	Cafetera	1	950	0,33333333	316,666667
	Frigorífico	2	300	1	600
Cocina	Vitrocerámica	3	5000	0,16666667	2500
	Horno	3	1000	0,125	375
	Frigorífico	3	300	1	900
	Congelador	3	500	1	1500
	Lavavajillas	4	1900	0,41666667	3166,66667
Habitaciones	Bombillas Led	70	5	0,5	175
	TV	10	360	0,75	2700
	Secador	10	1900	0,1	1900
TOTAL ILUMINACIÓN Y EQUIPOS					15323,3333

TABLA 28. CARGA TÉRMICA EN W POR ILUMINACIÓN Y EQUIPOS. FUENTE: PROPIA

Los resultados que se obtienen al contemplar la carga térmica por renovación son los siguientes. En cada habitación del hotel se ha contemplado que puede haber una persona más de la ocupación de la habitación (2 o 4 en función de la dimensión de la habitación).

CARGAS POR OCUPACIÓN						
Estancia	Sensible			Latente		
	Carga por persona	Nº personas	Qs	Carga por persona	Nº personas	Ql
Recepción	69,78	15	1046,7	46,52	15	697,8
Comedor	69,78	40	2791,2	46,52	40	1860,8
Cocina	69,78	5	348,9	46,52	5	232,6
Habitación 1 - P1	69,78	3	209,34	46,52	3	139,56
Habitación 2 - P1	69,78	3	209,34	46,52	3	139,56
Habitación 3 - P1	69,78	3	209,34	46,52	3	139,56
Habitación 4 - P1	69,78	5	348,9	46,52	5	232,6
Habitación 5 - P1	69,78	5	348,9	46,52	5	232,6
Habitación 1 - P2	69,78	3	209,34	46,52	3	139,56
Habitación 2 - P2	69,78	3	209,34	46,52	3	139,56
Habitación 3 - P2	69,78	3	209,34	46,52	3	139,56
Habitación 4 - P2	69,78	5	348,9	46,52	5	232,6
Habitación 5 - P2	69,78	5	348,9	46,52	5	232,6
Total	Sensible		6838,44	Latente		4558,96

TABLA 29. CARGA TÉRMICA SENSIBLE Y LATENTE EN W POR OCUPACIÓN. FUENTE: PROPIA

En resumen, las cargas térmicas, expresadas en W, que obtenemos en el estudio a refrigeración del edificio es:

	Planta Baja	Primera Planta	Segunda Planta	Total
Transmisión por Cerramientos	2560,74453	1424,864987	2576,390458	6561,99998
Radiación por Cerramientos	844,349967	895,6113523	3847,929942	5587,89126
Transmisión por Vidrios	3396,6	2172,6	2172,6	7741,8
Radiación solar Vidrios	25707	3792,3795	3792,3795	33291,759
Renovación	8973,45876	4904,641555	4904,641555	18782,7419
Iluminación y Equipos	10548,3333	2387,5	2387,5	15323,3333
Ocupación	6978	2209,7	2209,7	11397,4
Total				98686,9254

TABLA 30. RESUMEN CARGAS TÉRMICAS EN W DE REFRIGERACIÓN. FUENTE: PROPIA

98.69 kW es la carga térmica que debemos vencer cuando pretendamos refrigerar el edificio.

Por otro lado, se ha de proceder al cálculo de las cargas térmicas para la calefacción. Para ello, solo se tendrán en cuenta las cargas por transmisión y la carga térmica por renovación e infiltración del aire exterior puesto que son las que repercuten negativamente en la temperatura interior de las estancias, mientras que el resto, favorecen, puesto que, sea en mayor o menor medida, aportan calor al aire interior.

PLANTA BAJA							
Cerramiento por habitacion	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
RECEPCIÓN (PB-R)							
Pared Norte	10	3,3	33	0	0,55472436	24,4	446,664053
Pared Sur	10	3,3	33	0	0,55472436	24,4	446,664053
Pared Oeste	13	3,3	42,9	27	0,55472436	24,4	215,210862
Suelo			150		0,33917208	16,122028	820,221263
TOTAL RECEPCIÓN							1928,76023
COMEDOR (PB-C)							
Pared Norte	25	3,3	82,5	0	0,55472436	24,4	1116,66013
Pared Sur	25	3,3	82,5	75	0,55472436	24,4	101,514558
Suelo			325		0,33917208	16,122028	1777,14607
TOTAL COMEDOR							2995,32076
COCINA (PB-CO)							
Pared Norte	10	3,3	33	0	0,55472436	24,4	446,664053
Pared Sur	10	3,3	33	0	0,55472436	24,4	446,664053
Pared Este	13	3,3	42,9	9	0,55472436	24,4	458,8458
Suelo			130		0,33917208	16,122028	710,858428
TOTAL COCINA							2063,03233
TOTAL PLANTA BAJA							6987,11333

TABLA 31. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN DE CALEFACCIÓN EN PLANTA BAJA.

FUENTE: PROPIA

PRIMERA PLANTA							
Cerramiento por habitacion	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P1-1)							
Pared Oeste	4	3,3	13,2	4	0,55472436	24,4	124,524524
Pared Sur	10	3,3	33	9	0,55472436	24,4	324,846584
TOTAL HABITACIÓN 1							449,371108
HABITACIÓN 2 (P1-2)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	24,4	311,31131
TOTAL HABITACIÓN 2							311,31131
HABITACIÓN 3 (P1-3)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	24,4	311,31131
TOTAL HABITACIÓN 3							311,31131
HABITACIÓN 4 (P1-4)							
Pared Sur	15	3,3	49,5	15	0,55472436	24,4	466,966965
Pared Este	5	3,3	16,5	5	0,55472436	24,4	155,655655
TOTAL HABITACIÓN 4							622,62262
HABITACIÓN 5 (P1-5)							
Pared Este	8	3,3	26,4	8	0,55472436	24,4	249,049048
Pared Norte	9	3,3	29,7	9	0,55472436	24,4	280,180179
TOTAL HABITACIÓN 5							529,229227
PASILLO (P1-P)							
Pared Norte	28	3,3	92,4		0,55472436	24,4	1250,65935
Pared Oeste	9	3,3	29,7		0,55472436	24,4	401,997648
TOTAL PASILLO							1652,657
TOTAL PRIMERA PLANTA							3876,50257

TABLA 32. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN DE CALEFACCIÓN EN PRIMERA PLANTA.

FUENTE: PROPIA

SEGUNDA PLANTA							
Cerramiento por habitacion	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P2-1)							
Pared Oeste	4	3,3	13,2	4	0,55472436	24,4	124,524524
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	24,4	311,31131
Techo			40		0,30478151	24,4	
TOTAL HABITACIÓN 1							435,835834
HABITACIÓN 2 (P2-2)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	24,4	311,31131
Techo			40		0,55472436	24,4	541,410974
TOTAL HABITACIÓN 2							852,722284
HABITACIÓN 3 (P2-3)							
Pared Sur	10	3,3	33	10	0,55472436	24,4	311,31131
Techo			40		0,30478151	24,4	297,466755
TOTAL HABITACIÓN 3							608,778065
HABITACIÓN 4 (P2-4)							
Pared Sur	15	3,3	49,5	15	0,55472436	24,4	466,966965
Pared Este	4	3,3	13,2	4	0,55472436	24,4	124,524524
Techo			73,8		0,30478151	24,4	548,826163
TOTAL HABITACIÓN 4							1140,31765
HABITACIÓN 5 (P2-5)							
Pared Norte	8	3,3	26,4	8	0,55472436	24,4	249,049048
Pared Este	9	3,3	29,7	9	0,55472436	24,4	280,180179
Techo			72		0,30478151	24,4	535,440159
TOTAL HABITACIÓN 5							1064,66939
PASILLO (P2-P)							
Pared Norte	28	3,3	92,4		0,55472436	24,4	1250,65935
Pared Oeste	9	3,3	29,7		0,55472436	24,4	401,997648
Techo			164		0,30478151	24,4	1219,6137
TOTAL PASILLO							2872,27069
TOTAL SEGUNDA PLANTA							6974,59391

TABLA 33. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN DE CALEFACCIÓN EN SEGUNDA PLANTA.
FUENTE: PROPIA

PLANTA BAJA							
Cerramiento por habitación	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
RECEPCIÓN (PB-R)							
Pared Norte							0
Pared Sur							0
Pared Oeste				27	3,4	24,4	2239,92
Suelo							0
TOTAL RECEPCIÓN							2239,92
COMEDOR (PB-C)							
Pared Norte							0
Pared Sur				75	3,4	24,4	6222
Suelo							0
TOTAL COMEDOR							6222
COCINA (PB-CO)							
Pared Norte							0
Pared Sur							0
Pared Este				9	3,4	24,4	746,64
Suelo							0
TOTAL COCINA							746,64
TOTAL PLANTA BAJA							9208,56

TABLA 34. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE VIDRIOS EN CALEFACCIÓN EN PLANTA BAJA. FUENTE: PROPIA

PRIMERA PLANTA							
Cerramiento por habitación	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P1-1)							
Pared Oeste				4	3,4	24,4	331,84
Pared Sur				9	3,4	24,4	746,64
TOTAL HABITACIÓN 1							
1078,48							
HABITACIÓN 2 (P1-2)							
Pared Sur				10	3,4	24,4	829,6
TOTAL HABITACIÓN 2							
829,6							
HABITACIÓN 3 (P1-3)							
Pared Sur				10	3,4	24,4	829,6
TOTAL HABITACIÓN 3							
829,6							
HABITACIÓN 4 (P1-4)							
Pared Sur				15	3,4	24,4	1244,4
Pared Este				5	3,4	24,4	414,8
TOTAL HABITACIÓN 4							
1659,2							
HABITACIÓN 5 (P1-5)							
Pared Este				8	3,4	24,4	663,68
Pared Norte				9	3,4	24,4	746,64
TOTAL HABITACIÓN 5							
1410,32							
PASILLO (P1-P)							
Pared Norte							0
Pared Oeste							0
TOTAL PASILLO							
0							
TOTAL PRIMERA PLANTA							
5807,2							

TABLA 35. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE VIDRIOS EN CALEFACCIÓN EN PRIMERA PLANTA. FUENTE: PROPIA

SEGUNDA PLANTA							
Cerramiento por habitación	Longitud	Altura	Superficie	Ventanas / puertas	U	ΔT	Q
HABITACIÓN 1 (P2-1)							
Pared Oeste				4	3,4	24,4	331,84
Pared Sur				10	3,4	24,4	829,6
Techo							
TOTAL HABITACIÓN 1							1161,44
HABITACIÓN 2 (P2-2)							
Pared Sur				10	3,4	24,4	829,6
Techo							0
TOTAL HABITACIÓN 2							829,6
HABITACIÓN 3 (P2-3)							
Pared Sur				10	3,4	24,4	829,6
Techo							0
TOTAL HABITACIÓN 3							829,6
HABITACIÓN 4 (P2-4)							
Pared Sur				15	3,4	24,4	1244,4
Pared Este				4	3,4	24,4	331,84
Techo							
TOTAL HABITACIÓN 4							1576,24
HABITACIÓN 5 (P2-5)							
Pared Norte				8	3,4	24,4	663,68
Pared Este				9	3,4	24,4	746,64
Techo							0
TOTAL HABITACIÓN 5							1410,32
PASILLO (P2-P)							
Pared Norte							
Pared Oeste							
Techo							
TOTAL PASILLO							0
TOTAL SEGUNDA PLANTA							5807,2

TABLA 36. CARGA TÉRMICA EN W POR TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE VIDRIOS EN CALEFACCIÓN EN SEGUNDA PLANTA. FUENTE: PROPIA

CARGA TÉRMICA SENSIBLE						
Planta	Caudal Volumétrico	Calor Específico	ΔT	ρ	Q	
Planta Baja	485,55	1000	25,4	0,00115	14182,9155	
Primera Planta	266,75	1000	25,4	0,00115	7791,7675	
Segunda Planta	266,75	1000	25,4	0,00115	7791,7675	
TOTAL SENSIBLE						29766,4505

TABLA 37. CARGA TÉRMICA SENSIBLE EN W DE CALEFACCIÓN. FUENTE: PROPIA

En resumen, las cargas térmicas, expresadas en W, que obtenemos en el estudio a calefacción del edificio es:

Planta	Transmisión Envolvente	Transmisión Vidrios	Radiación*	Renovación	Infiltración**	Q
Primera Planta	3876,502573	9208,56	1308,506257	7791,7675	2727,118625	24912,455
Segunda Planta	6974,593913	5807,2	1278,179391	7791,7675	2727,118625	24578,8594
Planta Baja	6987,113326	5807,2	1279,431333	14182,9155	4964,020425	33220,6806
TOTAL						82711,995

TABLA 38. RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS EN W PARA CALEFACCIÓN. FUENTE: PROPIA

82.71 kW es la carga térmica que debemos vencer cuando pretendamos calentar el edificio.

La carga térmica por radiación puede estimarse de manera segura como el 10% de las Cargas Térmicas por Transmisión (Envolvente y Vidrios) y la carga térmica por infiltración entre el 25% y el 40% de la carga térmica por renovación, habiendo estimado un 35%.

4.8 Agua Caliente Sanitaria.

Para poder conocer cuál es el caudal necesario para que las necesidades del hotel queden cubiertas, debemos acudir primero al Código Técnico de la Edificación, en concreto al Documento Básico Salubridad 4 – Suministro de Agua.

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

TABLA 39. CAUDAL INSTANTÁNEO MÍNIMO POR APARATO. FUENTE: CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Es de esperar que no se necesite de manera simultánea toda la producción de ACS, por lo que, el Código Técnico marca unas pautas para considerar el caudal simultáneo necesario, teniendo en cuenta el caudal total que se necesita.

Para ello, se debe aplicar:

$$Q_c = A \cdot (Q_t)^B + C \quad (11)$$

donde Q_c es el caudal simultáneo necesario, Q_t es el caudal total y A, B y C son coeficientes que varían en función del tipo de edificio, del caudal total del edificio y de los caudales máximos de cada aparato.

Dado que no es posible obtener ACS instantánea, se debe recurrir a un depósito de acumulación. Para conocer cuál es el volumen adecuado para ello, primeramente, se ha de conocer cuál es el consumo medio de ACS por persona, dato que aparece tabulado el Código Técnico de la Edificación, concretamente en el Documento Básico de Ahorro Energético (DB-HE-4).

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

TABLA 40. DEMANDA DE ACS A 60°C. FUENTE: CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.

Dado que el hotel de este trabajo está catalogado como hotel de 4 estrellas, la demanda de ACS es 55 litros por persona. Además, teniendo en cuenta que en la planta baja hay una parte dedicada a la restauración, se considerará también la parte de 8 litros por persona debida a ello.

Por último, según la normativa legal vigente, el Real Decreto 865/2003, la temperatura de almacenamiento del Agua Caliente Sanitaria debe ser, como mínimo, de 55°C, teniendo el sistema que ser capaz de elevar la temperatura hasta los 70°C de manera reiterativa para que se pueda llevar a cabo el proceso de pasteurización y la temperatura del agua de distribución nunca podrá ser inferior a los 50°C en ningún punto del circuito, en cumplimiento de las medidas de control contra la legionelosis.

Para evaluar la energía que es necesaria para calentar el agua que va a ser destinada a la producción de ACS y calefacción, debemos calcular la cantidad de calor necesario por mes que se debe destinar a calentar el agua, obteniéndose:

$$Q_{acs} = C_e \cdot C \cdot \text{días} \cdot (t_{acum} - t_{red}) \quad (12)$$

Los datos que se reflejan en la tabla 33 están referenciados a 60°C, pero nosotros vamos a referenciarlos a 55°C. Para ello, utilizaremos:

$$D(45^{\circ}C) = D(60^{\circ}C) \cdot \frac{(60 - T_{mes})}{(55 - T_{mes})} \quad (13)$$

Para poder calcular la temperatura del agua de la red en Madrid, debemos consultar la tabla publicada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía en su Guía Técnica para el Agua Caliente Sanitaria Central

Temperatura del agua de la red (°C)													Media
Mínimas	5	6	7	9	11	13	15	2	14	11	7	6	10
Máximas	15	15	16	16	17	19	21	21	20	18	17	16	17
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Lérida	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7	13
Logroño	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8	12
Lugo	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8	11
Madrid	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8	13
Málaga	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12	16
Murcia	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11	15
Orense	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9	13
Oviedo	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9	12
Palencia	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6	11
P. de Mallorca	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12	15
Pamplona	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7	12
Pontevedra	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10	13
Salamanca	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6	11
San Sebastián	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9	12
Santander	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10	13
Segovia	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6	11
Sevilla	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11	16
Soria	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6	10
Tarragona	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11	15
S. C. de Tenerife	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16	17
Teruel	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6	11
Toledo	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8	14
Valencia	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11	15
Valladolid	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7	12
Vitoria	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7	11
Zamora	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7	12
Zaragoza	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8	13
Datos Norma UNE 94.002/95													

TABLA 41. TEMPERATURA DEL AGUA DE LA RED EN °C POR CAPITAL DE PROVINCIA. FUENTE: IDAE

Con todo ello, los resultados que obtenemos sobre la energía necesaria para la producción de Agua Caliente Sanitaria son:

ACS HABITACIONES							
Mes	Demanda 60º	Temperatura	Temp. Mes	Demanda 45º	Ocupación	Demanda diaria	Q mes
Enero	55	55	8	60,85106383	28	1703,829787	2887,26216
Febrero	55	55	8	60,85106383	28	1703,829787	2607,84969
Marzo	55	55	10	61,11111111	28	1711,111111	2776,21361
Abril	55	55	12	61,39534884	28	1719,069767	2579,192
Mayo	55	55	14	61,70731707	28	1727,804878	2554,11652
Junio	55	55	17	62,23684211	28	1742,631579	2310,52617
Julio	55	55	20	62,85714286	28	1760	2220,97089
Agosto	55	55	19	62,63888889	28	1753,888889	2203,05983
Septiembre	55	55	17	62,23684211	28	1742,631579	2387,54371
Octubre	55	55	13	61,54761905	28	1723,333333	2525,45883
Noviembre	55	55	10	61,11111111	28	1711,111111	2686,65833
Diciembre	55	55	8	60,85106383	28	1703,829787	2887,26216
TOTAL ACS HABITACIONES							30626,1139

TABLA 42. DEMANDA DE ENERGÍA EN kWh PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS. FUENTE: PROPIA

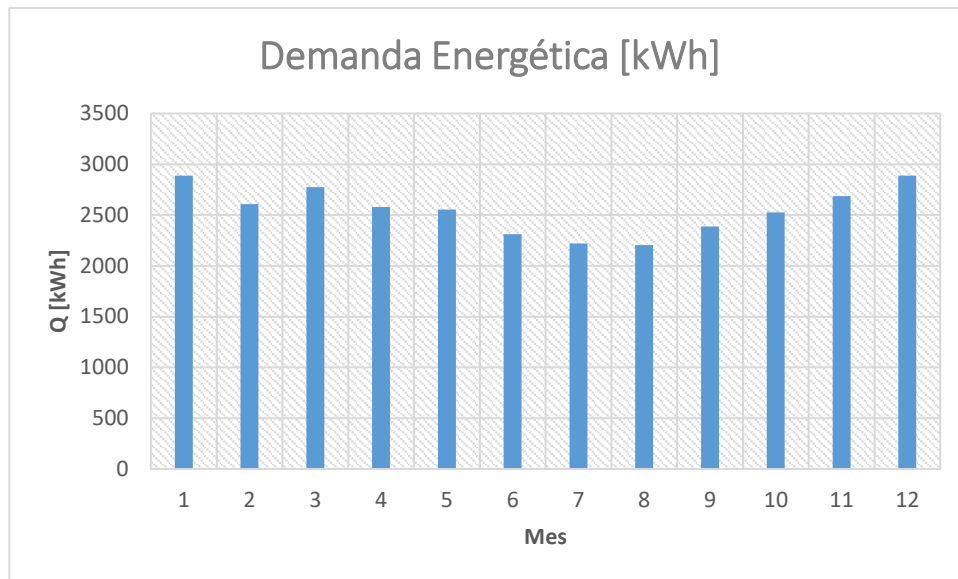


ILUSTRACIÓN 23. VARIACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA POR MES EN ACS. FUENTE: PROPIA.

Para poder analizar cuál es la posición más ventajosa en cuanto al aprovechamiento de la energía solar de los captadores solares, se debe conocer cuáles son los datos de irradiación solar mensuales del lugar donde tiene lugar el proyecto.

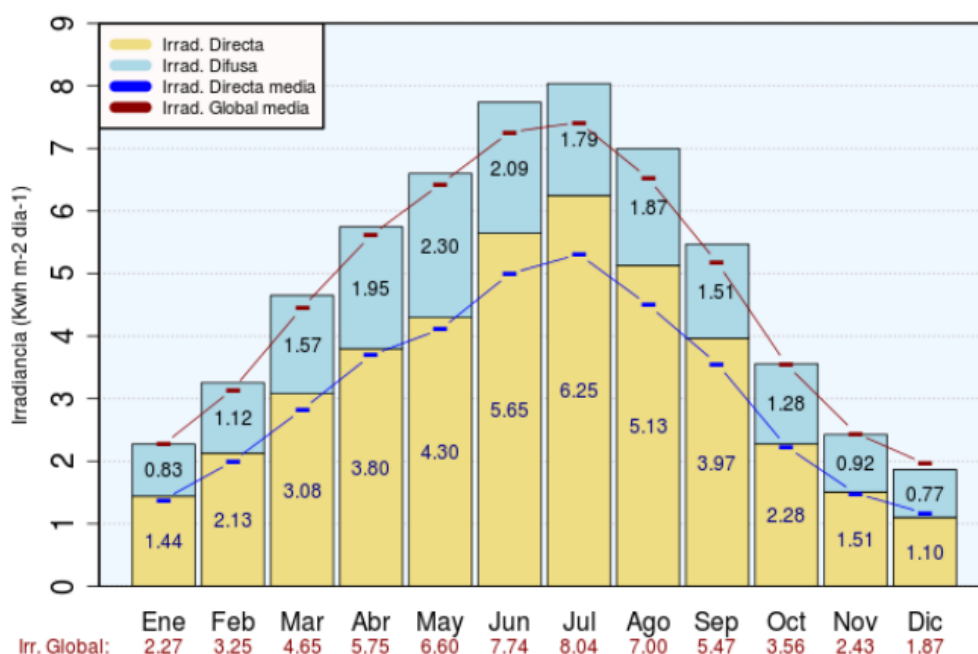


ILUSTRACIÓN 24. IRRADIANCIAS GLOBAL, DIRECTA Y DIFUSA EN MADRID ENTRE 1983 Y 2005. FUENTE: AEMET.

Una vez conocidos los datos de la irradiancia total y difusa, se ha de conocer también cual es la inclinación que debe tomar el panel solar para poder absorber de manera más eficiente la energía procedente del Sol.

Existen dos ángulos que han de ser tenidos en cuenta para poder localizar y montar correctamente un panel solar. Colmenar Viejo está situado a una latitud de aproximadamente 40° , por lo que el ángulo Φ será 40° y esa será la inclinación sobre la horizontal en cubierta de la placa solar.

Por otro lado, el ángulo α (azimut) es el ángulo que existe entre la proyección horizontal de la normal de la superficie del captador y el meridiano que corresponda, es decir, la línea imaginaria que une Norte con Sur. En este caso, lo que se busca es el máximo aprovechamiento del panel solar, por lo que el ángulo será 0° , para que así este orientado hacia el Sur.

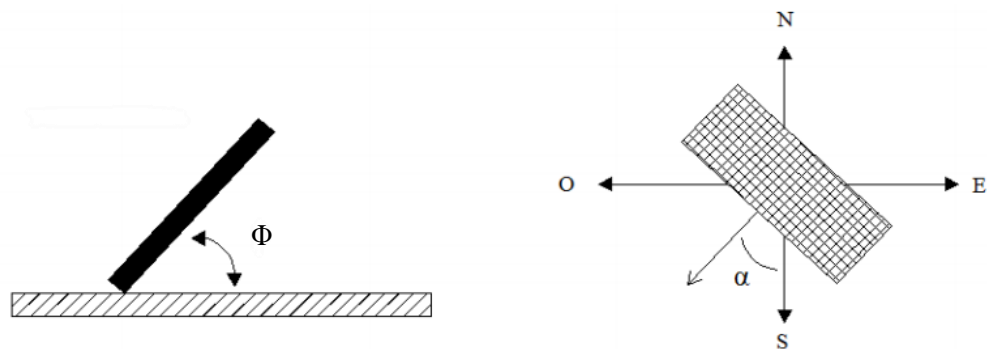


ILUSTRACIÓN 25. ÁNGULOS DEL COLECTOR SOLAR. FUENTE: UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

Para saber si estas inclinaciones son aceptables, hay que determinar cuales son los límites de inclinación de acuerdo con las pérdidas máximas. Las pérdidas máximas son del 10%, para superposición, el 20% y para integración arquitectónica, del 40%.

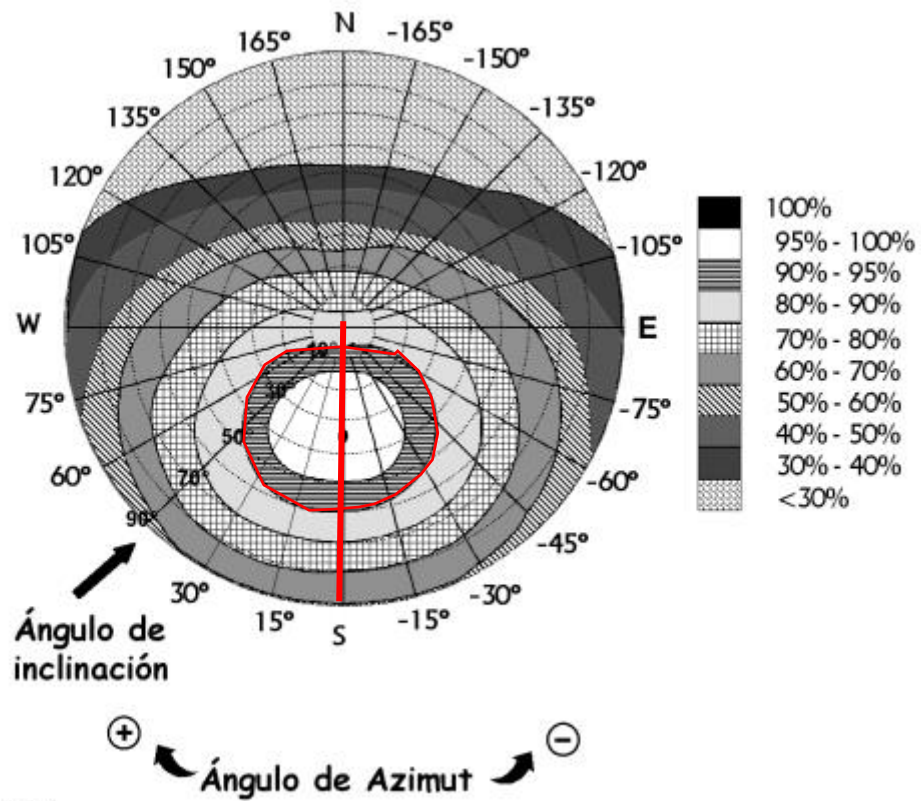


ILUSTRACIÓN 26. GRÁFICO LÍMITES PARA LA INCLINACIÓN. FUENTE: IDEA

Para poder hacer uso de este gráfico, debemos partir de un ángulo azimut de 0°, subir hasta el centro del gráfico y ver en qué puntos ha intersecado con el área del 90%-95% (por el 10% de pérdidas máximas). Con ello, encontramos que la inclinación máxima es de 60° y que la mínima es de, aproximadamente, 8°.

Con estos datos, se ha de corregir la inclinación máxima que puede admitirse:

$$Incl_{m\acute{a}x} = 60^{\circ} - (41^{\circ} - \phi) = 59^{\circ} \quad (14)$$

$$Incl_{m\grave{i}n} = 8^{\circ} - (41^{\circ} - \phi) = 7^{\circ} \quad (15)$$

Por tanto, el rango admisible de inclinación de los colectores solares estará en 59° y 7°. Dado que 7° es un ángulo de inclinación bastante pequeño, se desprecia esa inclinación y se analizarán inclinaciones con ángulos mayores a 20°.

Cada una de estas inclinaciones lleva aparejada un factor de corrección, que, a su vez, modificará el valor de la irradiación solar.

Factor de Corrección Solar para Latitud 40º								
Inclinación	20º	25º	30º	35º	40º	45º	50º	55º
Enero	1,25	1,3	1,34	1,37	1,39	1,4	1,41	1,4
Febrero	1,2	1,23	1,26	1,28	1,29	1,29	1,28	1,27
Marzo	1,14	1,16	1,17	1,17	1,16	1,15	1,13	1,1
Abril	1,08	1,08	1,07	1,06	1,04	1,01	0,95	0,94
Mayo	1,03	1,02	1,01	0,98	0,95	0,91	0,87	0,82
Junio	1,02	1	0,98	0,95	0,92	0,88	0,83	0,78
Julio	1,03	1,02	1,01	0,98	0,95	0,92	0,87	0,82
Agosto	1,09	1,09	1,09	1,07	1,05	1,03	0,99	0,95
Septiembre	1,17	1,19	1,2	1,21	1,21	1,2	1,18	1,15
Octubre	1,26	1,3	1,34	1,37	1,39	1,39	1,39	1,38
Noviembre	1,32	1,38	1,43	1,47	1,5	1,52	1,54	1,54
Diciembre	1,3	1,36	1,41	1,45	1,48	1,5	1,52	1,52

TABLA 43. FACTOR DE CORRECCIÓN SOLAR PARA LATITUD 40º. FUENTE: CLEAN ENERGY SOLAR.

Irradiación Corregida								
Inclinación	20º	25º	30º	35º	40º	45º	50º	55º
Enero	2,8375	2,951	3,0418	3,1099	3,1553	3,178	3,2007	3,178
Febrero	3,9	3,9975	4,095	4,16	4,1925	4,1925	4,16	4,1275
Marzo	5,301	5,394	5,4405	5,4405	5,394	5,3475	5,2545	5,115
Abril	6,21	6,21	6,1525	6,095	5,98	5,8075	5,4625	5,405
Mayo	6,798	6,732	6,666	6,468	6,27	6,006	5,742	5,412
Junio	7,8948	7,74	7,5852	7,353	7,1208	6,8112	6,4242	6,0372
Julio	8,2812	8,2008	8,1204	7,8792	7,638	7,3968	6,9948	6,5928
Agosto	7,63	7,63	7,63	7,49	7,35	7,21	6,93	6,65
Septiembre	6,3999	6,5093	6,564	6,6187	6,6187	6,564	6,4546	6,2905
Octubre	4,4856	4,628	4,7704	4,8772	4,9484	4,9484	4,9484	4,9128
Noviembre	3,2076	3,3534	3,4749	3,5721	3,645	3,6936	3,7422	3,7422
Diciembre	2,431	2,5432	2,6367	2,7115	2,7676	2,805	2,8424	2,8424

TABLA 44. IRRADIACIÓN CORREGIDA. FUENTE: PROPIA

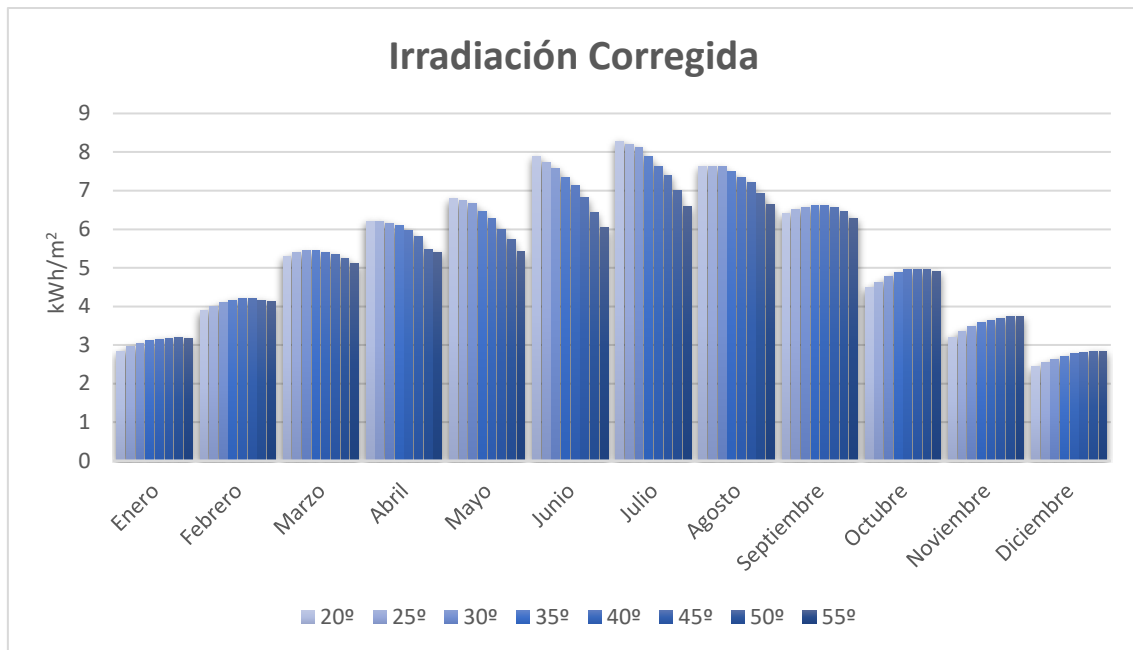


ILUSTRACIÓN 27. IRRADIACIÓN CORREGIDA SEGÚN MES Y ÁNGULO EN kW. FUENTE: PROPIA

Se observa que, a mayor inclinación de los paneles solares, mayor irradiación captará durante el invierno. Esto tiene su origen en que el sol no incide de manera tan perpendicular contra el suelo (horizontal), por lo que, a mayor inclinación, mayor incidencia solar sobre el captador. Por otro lado, se observa también, que, en los meses de verano, justamente es, al contrario. Cuando mejor se captaría la energía es cuando la inclinación es más pequeña.

A partir de los 45° no se aprecia casi diferencia en los meses invernales, por lo que, se escogerá este grado para poder encontrar un balance entre los meses de invierno y los meses de verano.

Una vez que se ha determinado la irradiación solar en el plano inclinado, se debe de hallar el valor de la radiación solar sobre ese plano. Para ello, es necesario calcular las horas solares sobre éste y los ángulos horarios de puesta y salida del Sol, que serán función de la declinación.

La declinación δ es el ángulo formado por los rayos solares y el Ecuador. Para ello, se deberá hacer uso de la siguiente expresión:

$$\delta_i = 23.45^\circ \cdot \text{sen} \left(\frac{360}{365} \cdot (284 + n_i) \right) \quad (16)$$

Para completar esa expresión es necesario obtener n_i , que es el día representativo dentro el año. Para ello, es necesario calcularlo con:

$$n_i = \left(\sum_{mes=1}^i dias\ mes_i \right) - \frac{dias\ mes_i}{2} \quad (17)$$

Cálculo de la declinación δ				
	Días Mes	Días Mes/2	n_i	δ
Enero	31	16	15	-21,2694845
Febrero	28	14	45	-13,6197889
Marzo	31	16	74	-2,8189085
Abril	30	15	105	9,41486343
Mayo	31	16	135	18,7918965
Junio	30	15	166	23,3144059
Julio	31	16	196	21,5173521
Agosto	31	16	227	13,7835989
Septiembre	30	15	258	2,2169321
Octubre	31	16	288	-9,59935341
Noviembre	30	15	319	-19,1477881
Diciembre	31	16	349	-23,3352143

TABLA 45. CÁLCULO DE LA DECLINACIÓN. FUENTE: PROPIA

Cuando ya se ha calculado la declinación para cada uno de los meses, es necesario calcular, como se ha mencionado, el ángulo horario de salida y de puesta de sol, sobre el plano inclinado (se indica con la letra “T”) y sobre el plano horizontal (se indica con la letra “Z”)

$$\omega_{sT_i} = \arccos(-\tan(\Phi - \beta) \cdot \tan(\delta_i)) \quad (18)$$

$$\omega_{sZ_i} = \arccos(-\tan(\Phi) \cdot \tan(\delta_i)) \quad (19)$$

De estos valores, se ha de escoger el mínimo de cada uno de los meses para poder encontrarse en la situación más crítica. Los valores mínimos se definirán, por tanto, como ω_{ssT} y ω_{srT} , puesta del sol y salida del sol, para el captador inclinado, respectivamente.

Posteriormente, para poder calcular las horas de sol, se debe calcular el tiempo de Sol sobre el plano inclinado, representado como h_{sz} y expresado en horas.

Para ello, habrá que hacer uso de la siguiente fórmula:

$$h_{sti} = (\omega_{srti} + \omega_{ssti}) \cdot \frac{24h}{360^\circ} \quad (20)$$

	wsst	wsrt	hsti
Enero	1,23805352	1,23805352	9,458034205
Febrero	1,36606241	1,36606241	10,43595026
Marzo	1,52946784	1,52946784	11,68427607
Abril	1,71038454	1,71038454	13,06637809
Mayo	1,86034532	1,86034532	14,21199432
Junio	1,9408046	1,9408046	14,82665811
Julio	1,90797224	1,90797224	14,57583731
Agosto	1,77812611	1,77812611	13,58388571
Septiembre	1,60328501	1,60328501	12,24819777
Octubre	1,42840198	1,42840198	10,91218959
Noviembre	1,27516007	1,27516007	9,74150742
Diciembre	1,20039974	1,20039974	9,170380392

TABLA 46. HORAS DE SOL SOBRE EL PLANO INCLINADO. FUENTE: PROPIA.

Una vez que se ha definido la irradiación sobre el plano inclinado y se tienen las horas de sol sobre el mismo plano, se puede obtener la potencia por unidad de área que se obtiene con los paneles solares. Posteriormente, acudiendo al catálogo y ficha técnica del panel solar que se vaya a utilizar, se obtiene la superficie útil del captador en absorción y con ello la potencia.

Hwinclinado	Sup. Útil	Días Mes	Solar Mes	Sup. Ocupada	Demanda ACS	Pan. Necesarios	Sup. Ocupada
0,336010627	2,4	31	24,9991906	1,767767242	2887,262156		81 164,3543611
0,401736296	2,4	28	26,9966791	1,767767242	2607,849689		68 137,4653285
0,457666351	2,4	31	34,0503765	1,767767242	2776,213611		57 116,0250922
0,444461346	2,4	30	32,0012169	1,767767242	2579,192		56 114,6933245
0,422600788	2,4	31	31,4414986	1,767767242	2554,116522		57 115,6001587
0,459388754	2,4	30	33,0759903	1,767767242	2310,526167		49 99,40746462
0,507469989	2,4	31	37,7557672	1,767767242	2220,970889		41 83,71061427
0,530775962	2,4	31	39,4897316	1,767767242	2203,059833		39 79,38950117
0,535915579	2,4	30	38,5859217	1,767767242	2387,543706		43 88,05284931
0,453474526	2,4	31	33,7385047	1,767767242	2525,458833		52 106,5210466
0,379161031	2,4	30	27,2995943	1,767767242	2686,658333		69 140,0480963
0,305876079	2,4	31	22,7571803	1,767767242	2887,262156		89 180,5463572

TABLA 47. PANELES SOLARES NECESARIOS PARA 70% DE ACS. FUENTE: PROPIA.

Vemos que necesitaríamos 89 paneles solares de superficie útil 2.4 m^2 para poder satisfacer la demanda de un 70% en el peor de los meses. Haciendo el cálculo para comprobar qué porcentaje de ACS se cubriría mediante energía solar durante todo el año, nos arroja un 111% global durante todo el año. Sin embargo, según el CTE no se puede superar durante más de 3 meses seguidos la producción del 100% de la cobertura total de ACS ni superar ningún mes el 110%. Por lo tanto, con esta disposición, no se está cumpliendo el Código Técnico de la Edificación.

Para poder cumplir, hay que recordar que Madrid se encuentra en una zona IV según el CTE y que la demanda total de ACS del edificio es, como máximo, 1760 litros/día, por lo que habrá que contribuir, como mínimo con el 60% de energía solar.

Para ello, se comprueba utilizando 60 paneles solares de 2.4 m^2 de superficie útil. El porcentaje obtenido es de un 74.88% global anual, superando únicamente durante los meses de julio y agosto el 100% de la producción y quedándose en estos meses en un valor del 107.55% y un 105.10% respectivamente. Con ello, nuestra instalación solar es válida según las especificaciones del Código Técnico.

5. Discusión de resultados y viabilidad económica.

Para poder discutir los resultados obtenidos, es necesario poder comprar las dos instalaciones, la existente y la propuesta.

Para poder establecer la comparación, lo que haremos es modelizar nuestro edificio con el programa CE³X, uno de los programas de referencia del Ministerio de Transición Ecológica para la elaboración de la etiqueta de calificación energética de los edificios.

La instalación anterior contaba con una única caldera de gas natural que suministraba agua tanto para la calefacción como para el ACS. Se considera que no se va a hacer ningún trabajo en lo que respecta a los cerramientos del edificio ni su aislamiento, por lo que las transmitancias térmicas serán iguales en ambos estudios.

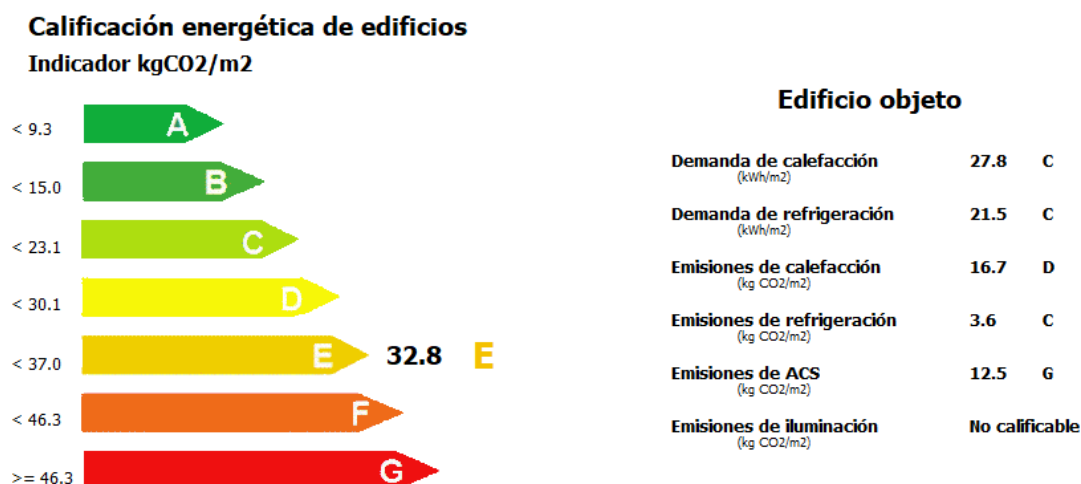


ILUSTRACIÓN 28. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON INSTALACIÓN ANTERIOR. FUENTE: CE³X Y PROPIA

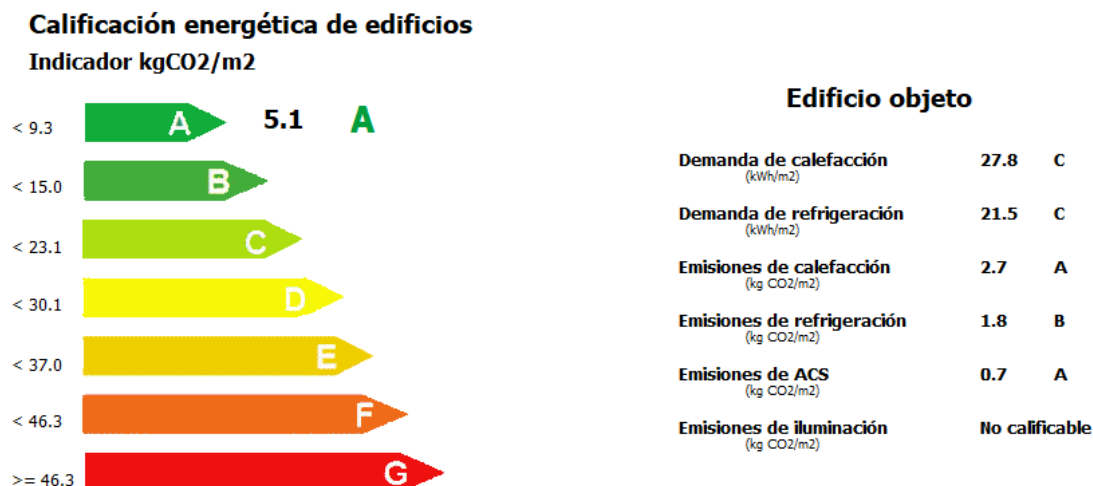


ILUSTRACIÓN 29. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO CON INSTALACIÓN NUEVA. FUENTE: CE³X Y PROPIA

Como se puede observar, existe una diferencia muy notable entre las emisiones de CO₂ de una y otra instalación. Esto se debe a que la producción del agua caliente se genera gracias a la bomba de calor de la aerotermia y a las placas solares de apoyo que existen.

En los apartados referentes a la demanda de calefacción y refrigeración no existe ninguna diferencia, prueba de que la modelización está bien realizada, puesto que el edificio es el mismo y, por tanto, la demanda de éste ha de ser igual.

Los aspectos donde más progreso se consigue son tanto en las emisiones por calefacción como en las emisiones por ACS, reduciéndose algo más de un 83% en el primer caso y algo menos de un 95% en el segundo.

El propio programa CE³X es capaz de realizar un análisis económico, una vez que se le introducen tanto los datos como el coste de las medidas que queremos llevar a cabo.

Por un lado, se debe contemplar el coste del sistema de aerotermia. Para ello, debemos tener en cuenta los metros de tubería que serán utilizados para el suelo radiante, los fan-coils para la refrigeración de las estancias, recibidor y comedor y la propia bomba de calor. Se ha decidido que esta instalación montará equipos Daikin Altherma, de donde podemos obtener los precios de su catálogo. Se ha de considerar también que Daikin realizará un 45% + 5% + 10% de descuento a la

empresa instaladora, pero que a efectos de cálculo solo se actuará con el 45%, puesto que el restante 5% + 10% será considerado como beneficio industrial de la empresa instaladora.

Para el sistema de intercambio de calor con el aire, es decir, el suelo radiante, se contará con los sistemas de tuberías y acondicionamiento del suelo de Uponor, y para los paneles solares se contará con la empresa Termocan.

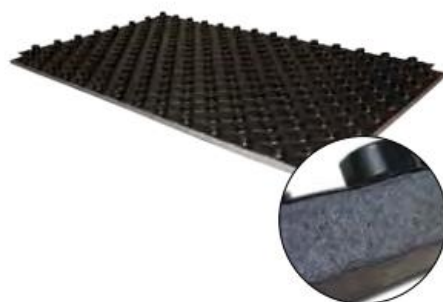
Con el fin de poder optimizar los costes, se ha decidido que la instalación será llevada a cabo por una empresa instaladora del sector, en este caso, EINSMAN S.L.L, de Madrid, que será la empresa que determine los costes, mediante presupuesto, de todos los componentes no mencionados anteriormente (equipos, tubería y paneles).

Los costes que se derivan de la instalación solar son de 27.420€, de los cuales, 23.400€ se destinan a los paneles solares y los elementos fijadores. Los costes referidos al sistema de aerotermia son 64.344,80€, aplicando el descuento del 45% explicado anteriormente, al conjunto HWF016AY de Daikin, que cuenta con la unidad interior y exterior, además de un acumulador de 260 litros y los 15 fancoils de 3kW, repartidos en 1 por habitación, dos en comedor y recibidor y uno en cocina. Para poder tener controlado cada uno de los equipos, ya que hay 8, permitiendo la sectorización del hotel, se coloca un controlador a dos hilos, que aumentan el presupuesto en 623.35€. Por último, para el acondicionamiento del suelo y el sistema de tuberías, el presupuesto es de 35.691,50€, usando tubería Uponor Comfort Pipe PLUS en rollo y Uponor Nubos Plus, como panel de tentones de poliestireno expandido para la instalación de las tuberías y contando únicamente con el 15% de descuento por parte de Uponor.


TRIFÁSICAS

CONJUNTOS	UD.EXTERIOR	UD.INTERIOR	ACUMULADOR	TUBO DRENAJE	TOTAL
HWF011AY	ERSQ011AY1 3.951,00 €	EKHBRD011ADY17 4.489,00 €	EKHTS200AC 1.672,00 €	EKDK04 63,00 €	10.175,00 €
HWF014AY	ERSQ014AY1 4.787,00 €	EKHBRD014ADY17 4.609,00 €	EKHTS260AC 1.766,00 €	EKDK04 63,00 €	11.225,00 €
HWF016AY	ERSQ016AY1 5.791,00 €	EKHBRD016ADY17 4.754,00 €	EKHTS260AC 1.766,00 €	EKDK04 63,00 €	12.374,00 €

ILUSTRACIÓN 30. CONJUNTOS Y PVP DETALLADOS DE SISTEMAS DAIKIN ALTHERMA HT.
FUENTE: DAIKIN




Uponor Nubos PLUS Panel IB


Sistema certificado con  de AENOR (Nº contrato 001/000321). Panel de tetones fabricado en poliestireno expandido modificado (NEO-EPS) con recubrimiento termoconformado. Cumple con la normativa UNE-EN 1264 y con los requisitos de aislamientos térmicos y acústicos frente a ruido por impacto del CTE. También cuenta con propiedades de aislamiento acústico frente a ruido aéreo. Válido para tubería de 16 mm y 17 mm. El recubrimiento termoconformado, fabricado en PE, permite la unión entre paneles mediante solape por encastre y un paso de tubería de 50 mm.


Superficie útil 1,12 m².

Código 1084026, $R_t = 0,75 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Sistema certificado con  de AENOR.

Código 1084027, $R_t = 1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$.


Sistema certificado con  de AENOR.

Código Uponor	Dimensión	Uds. Caja	Uds. Palet
 1084026	1450x850x19 mm	18,45 m'	92,25 m'
 1084027	1450x850x34 mm	12,30 m'	61,5 m'

Descripción	PVP/m. ud
Uponor Nubos PLUS panel IB 75	18,50 €/m²
Uponor Nubos PLUS panel IB 125	22,09 €/m²



Uponor Comfort Pipe PLUS tubo en rollo

Tubería certificada con  AENOR.

Fabricada en polietileno reticulado (PEX-a) con 5 capas según método UAX™ y conforme a la normativa UNE-EN 1264. Cuenta con barrera antidifusión etilvinil-alcohol (EVAL), protegida a su vez por una capa adicional de PE modificado.

Es válida para instalaciones de suelo, pared, techo radiante y calefacción por radiadores. No válida para instalaciones de fontanería.

Código Uponor	Dimensión	Uds. Caja	Uds. Palet
 1062045	16x2,0 mm	240 m	1.200 m
 1062046	16x2,0 mm	640 m	1.280 m
 1009226	17x2,0 mm	240 m	1.200 m
 1009227	17x2,0 mm	640 m	1.280 m

Descripción	PVP/m. ud
Uponor Comfort Pipe PLUS tubo en rollo	1,88 €
Uponor Comfort Pipe PLUS tubo en rollo	1,85 €
Uponor Comfort Pipe PLUS tubo en rollo	2,17 €
Uponor Comfort Pipe PLUS tubo en rollo	2,14 €

ILUSTRACIÓN 31. PVP DE PANEL DE TETONES Y TUBERÍAS PARA SUELO RADIANTE. FUENTE: UPONOR.

En resumen, el coste total de la instalación es de 128.079,65€. Para poder comprobar la viabilidad económica de la instalación, debemos recurrir a uno de los tres análisis económicos existentes, la TIR (Tasa Interna de Retorno), VAN (Valor Actual Neto) o Pay-Back.

Tanto la aerotermia como los paneles solares tienen una vida útil de 20 años siguiendo el mantenimiento correcto. Tras la petición del presupuesto a EINSMAN S.L.L, el mantenimiento de los 8 equipos y de la instalación solar es de 4.000€ anuales, sin contar con los posibles recambios que haya que realizar. Para efectuar este cálculo, contaremos con un 5% en materiales anuales. Siguiendo marcado por el RITE, habrá que realizar mantenimiento preventivo mensualmente a la instalación de aerotermia y la instalación solar, puesto que supera los 20 m² de captación solar.

Número	Trabajos	Frecuencia
Suelos y Techos Radiantes		
1	Inspección exterior de paneles de techos radiantes: estado de pintura, inexistencia de corrosiones, y humedades. Repaso de pintura, si procede	A
2	Inspección de estado de soportes de paneles de techos radiantes y afianzamiento de éstos, si procede	2.A
3	Inspección de circuitos y ramales de tuberías en tramos vistos, según gama de tuberías	2.A
4	Verificación de inexistencia de goteos y fugas de agua. Inspección de indicios de humedades en suelos	M
5	Verificación de inexistencia de síntomas de condensaciones	2.A
6	Verificación de estanquidad de llaves de paso y detentores. Apertura y cierre manual. Inspección de goteos en prensas de llaves de paso	2.A
7	Verificación y ajuste de caudales de agua en circulación por los diferentes circuitos y zonas. Verificación de homogeneidad de temperatura en toda la superficie radiante	2.A
8	Inspección de bombas de recirculación, según gama de bombas	M
9	Inspección de válvulas termostáticas. Estanquidad. Comprobación de actuación	2.A
10	Inspección de purgadores de aire, manuales y automáticos. Purga y eliminación de aire. Verificación de inexistencia de aire en el interior de los circuitos.	M
11	Verificación de sensores de temperatura de circuitos. Específicamente de la posición y el estado de sensores de condensación en techos y suelos fríos	2.A
12	Inspección de lazos de regulación y control. Verificación de centralitas y válvulas automáticas de control de caudales de agua. Comprobación de funcionamiento y ajuste	2.A
13	Toma de datos de temperaturas de ida y retorno de agua y de ambiente y comparación con las de diseño	2.A

TABLA 48. INTERVENCIONES Y FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN UNIDADES DE CLIMATIZACIÓN DE SUELOS RADIANTES. FUENTE: IDAE

Número	Trabajos	Frecuencia
A) SISTEMAS DE CAPTACIÓN		
1	Verificación del estado de limpieza de la protección translúcida de los paneles captadores	SA
2	Verificación de inexistencia de condensaciones y suciedad bajo la protección de los paneles captadores	SA
3	Verificación de inexistencia de corrosiones y fugas de agua en los paneles captadores	SA
4	Inspección de las juntas de los captadores: verificación de inexistencia de agrietamientos y deformaciones	SA
5	Verificación del estado de la superficie absorbadora de los captadores: inexistencia de corrosiones, deformaciones y fugas	SA
6	Verificación del estado de las carcasas y las ventanas de respiración	SA
7	Inspección de las conexiones hidráulicas: localización y corrección de fugas, apriete de conexiones, comprobación de niveles de agua en circuitos	M
8	Inspección de la estructura de soporte: estado de degradación, indicios de corrosión, apriete de tornillos	SA
B) SISTEMA DE ACUMULACIÓN		
9	Limpieza y desincrustado interior del acumulador de agua caliente. Eliminación de oxidaciones	2A
10	Verificación del estado de desgaste de ánodos de sacrificio y sustitución, si procede	A
11	Inspección del aislamiento térmico del acumulador de agua caliente y corrección, si procede	A
C) SISTEMA DE INTERCAMBIO		
12	Limpieza y verificación de funcionamiento del intercambiador o serpentín primario	M
13	Verificación de la eficiencia (CF) y prestaciones de intercambiador primario/secundario	M

D) CIRCUITO HIDRÁULICO		
14	Verificación de la densidad y el pH del fluido caloportador primario y corrección, si procede	A
15	Verificación del estado de las tuberías del circuito primario: corrección de fugas y oxidaciones	SA
16	Verificación de la hermeticidad del circuito primario completo y restitución, si procede	2A
17	Verificación del aislamiento térmico de las tuberías del circuito primario y corrección, si procede	SA
18	Verificación de la ausencia de humedad en el interior de los aislamientos y sustitución de éstos, si las hubiera	A
19	Verificación de estado y funcionalidad de purgadores automáticos. Limpieza de orificios	A
20	Verificación de estado y funcionalidad de purgadores manuales. Vaciado de botellines	SA
21	Verificación de estado y funcionamiento de las bombas de recirculación. Limpieza y estanquidad	A
22	Verificación de estado y funcionalidad de vasos de expansión. Comprobación de presiones	SA
23	Verificación de estado y ajuste de niveles en vasos de expansión abiertos	SA
24	Verificación de estado y funcionamiento del sistema de llenado automático del circuito primario	M
25	Verificación de estado y funcionalidad de válvulas de corte, comprobación de inexistencia de agarrotamientos	2.A
26	Verificación de estado y funcionalidad de válvulas de seguridad y comprobación de actuación	M
E) SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL		
27	Verificación de estado de cuadros eléctricos: limpieza interior, verificación de juntas de puertas	A
28	Verificación de aparellaje eléctrico, actuación de interruptores y apriete de conexiones	A
29	Verificación de termostatos de regulación, comprobación de actuación y ajuste, si procede	A
F) SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR		
30	Verificación del estado y funcionalidad del sistema de apoyo. Ver gamas de generadores de calor	A
31	Verificación y ajuste de instrumentos de medida: termómetros, sondas de temperatura y manómetros de la instalación	A

TABLA 49. INTERVENCIONES Y FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN SISTEMAS DE CAPTACIÓN SOLAR TÉRMICA. FUENTE: IDAE

Los dos métodos que vamos a utilizar para el análisis económico serán el VAN y el Pay-Back, fijando el precio del Gasóleo C en 0.10€/kWh y el de la electricidad en 0.127€/kWh, con un incremento anual del precio de la energía de un 11% y un tipo de interés del 3%.

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde F_t es el “cash-flow” en cada periodo, I_o es la inversión inicial, n el número de periodos y k es el tipo de interés.

Con ello, se obtiene que el actual Valor Actual Neto es de 890.407,60€. Dado que se obtiene un valor positivo, conviene realizar la inversión.

Teniendo en cuenta el mismo cálculo junto a las mismas condiciones, se obtiene que a los 12.1 años, la inversión se habrá amortizado, por lo que, también se refleja la conveniencia de realizar esta inversión.

Bibliografía

- **Código Técnico de la Edificación.** [Internet] Documento Básico HE – Ahorro de Energía
<https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>
- **Catálogo Daikin 2018.** [Internet]
[https://climahorro.es/img/cms/Aire%20Acondicionado%20\(categor%C3%ADa\)/Aire%20Acond/Tarifa_daikin_2018.pdf](https://climahorro.es/img/cms/Aire%20Acondicionado%20(categor%C3%ADa)/Aire%20Acond/Tarifa_daikin_2018.pdf)
- **Guía Nº 7. Comentarios al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.** RITE – 2007. [Internet]
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Comentarios_RITE_GT7_07_2200d691.pdf
- **Código Técnico de la Edificación.** [Internet] Documento de Apoyo al Documento Básico HE – Ahorro de Energía /1
https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf
- **Diseño de una instalación de suelo radiante/refrescante con apoyo de energía geotérmica para una vivienda unifamiliar.** [Internet] Trabajo de Fin de Grado de Pablo Pérez Sánchez. Septiembre de 2016. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/27439>
- **Cálculo de Cargas Térmicas** [Internet]
<http://www.climayoreo.com/blog/c%C3%A1lculo-de-cargas-t%C3%A9rmicas>
- **Real Decreto 865/2003**, de 4 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
[Internet] <https://www.boe.es/boe/dias/2003/07/18/pdfs/A28055-28069.pdf>
- **Protocolo de Kioto** [Internet]
https://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Kioto

- **Protocolo de Kioto** [Internet] Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- **Conferencia de Estocolmo** [Internet] Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano.
<https://www.dipublico.org/conferencias/mediohumano/A-CONF.48-14-REV.1.pdf>
- **Cumbre de París** [Internet] COP21: en la cumbre de París aprueban histórico acuerdo para frenar el calentamiento global.
<https://misionesonline.net/2015/12/12/cop21-en-la-cumbre-de-paris-aprueban-historico-acuerdo-para-frenar-el-calentamiento-global/>
- **Emisiones de CO₂ por países.** [Internet] CO2 time series 1990 – 2015 per región/country. <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2ts1990-2015>
- **Estrategia Europa 2020.** [Internet] https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester/framework/europe-2020-strategy_es
- **Programa Horizon 2020.** [Internet] <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>
- **Serie de Emisión de Gases de Efecto Invernadero en la UE.** [Internet] EEA Report N° 15/2016 <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas/#tab-related-publications>
- **Estadísticas de Energía Renovables.** [Internet] Eurostat Statistics Explained https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/es#M.C3.A1s_informaci.C3.B3n_de_Eurostat
- **Las Energías Renovables en el Sistema Eléctrico Español 2017.** [Internet] https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/Renovables-2017.pdf
- **Sistema Híbrido Solar-Eólico en Caratasca.** [Internet] http://www.asolanosolar.com/sistemas_h%C3%ADbridos_solar-e%C3%B3licos/sistema_h%C3%ADbrido_solar-e%C3%B3lico_en_caratasca_honduras

- **Captadores de Tubo de Vacío Star.** [Internet] <http://www.paradigma-iberica.es/?s=productos&p=captadores-de-tubo-vacio>
- **Colectores de Media Temperatura.** [Internet] <https://www.emprosol.com.mx/comparativa-colectores-para-alberca.html>
- **Suelo Radiante: Ventajas e Inconvenientes.** [Internet] <https://blog.caloryfrio.com/suelo-radiante-ventajas-e-inconvenientes/>
- **Guía Nº 12. Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización.** [Internet] Condiciones Climáticas Exteriores de Proyectos http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_con_diciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf
- **Guía Nº 1. Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización.** [Internet] Mantenimiento de Instalaciones Térmicas. <http://www.idae.es/file/9014/download?token=PSOUshuS>
- **Guía Nº8. Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización.** [Internet] Agua Caliente Sanitaria Central. <http://www.idae.es/file/10793/download?token=CIzWu1qK>
- **Manual de Uso de CE3X.** [Curso] Certificación Energética de Edificios, Pequeño Terciario y Gran Terciario. <http://www.cursosenergiasrenovables.net/certificacion-ce3-ce3x>
- **Catálogo Schüco 2018.** [Internet] http://www.casadoorcajo.com/archivos/documentos/schuco_cte.pdf
- **Catálogo Uponor 2018.** [Internet] Climatización Invisible https://www.uponor.es/-/media/country-specific/spain/download-centre/pricelist/2018_tarifa_uponor_es_web.pdf
- **Apuntes Instalaciones Térmicas.** Universidad Carlos III de Madrid. Curso 2016/2017.
- **Apuntes Fundamentos de la Gestión Empresarial.** Universidad Carlos III de Madrid. Curso 2015/2016
- **Apuntes Organización Industrial.** Universidad Carlos III de Madrid. Curso 2016/2017.